

**Επαναληπτικότητα της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης σε παιδιά
σχολικής ηλικίας**

**της
ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ ΣΑΡΡΗΜΑΝΩΛΗ**

Μεταπτυχιακή διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απόκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου του διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση «Παιδαγωγική και Δημιουργική Μάθηση».

Κομοτηνή

2007

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1ος Επιβλέπων Καθηγητής: Αγγελούσης Νικόλαος,
Επίκουρος Καθηγητής

2ος Επιβλέπων Καθηγητής: Γούργουλης Βασίλειος,
Επίκουρος Καθηγητής

3ος Επιβλέπων Καθηγητής: Μαυρομάτης Γεώργιος,
Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 5393/1

Ημερ. Εισ.: 20-06-2007

Δωρεά:

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

612.76

ΣΑΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000086532

ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ΣΑΡΡΗΜΑΝΩΛΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ: Επαναληπτικότητα της ταχύτητας και της
συχνότητας βάδισης σε παιδιά σχολικής ηλικίας
(Υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Αγγελούση Νικόλαου)

Η ανάλυση της βάδισης χρησιμοποιείται συχνά για κλινικές εφαρμογές. Όμως, η σύγκριση του φυσιολογικού με το μη φυσιολογικό βάδισμα με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το είδος και τη βαρύτητα ενός κινητικού προβλήματος, παρουσιάζει αρκετούς περιορισμούς, λόγω του μεγάλου αριθμού των παραγόντων που επιδρούν στον τρόπο με τον οποίο κάποιος βαδίζει. Μεταξύ των παραγόντων που διαφοροποιούν το βάδισμα ενός εξεταζομένου, κυρίως πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το φύλο, η ηλικία, η ταχύτητα και η συχνότητα του βαδίσματος. Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η καταγραφή της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης σε παιδιά σχολικής ηλικίας από τον ελληνικό πληθυσμό και ο προσδιορισμός της επαναληπτικότητας τους. Μετρήθηκαν 120 παιδιά από όλες τις τάξεις δύο δημοτικών σχολείων της Αττικής. Κατά τη μέτρηση τα παιδιά περπάτησαν με ελεύθερη ταχύτητα μια απόσταση 13m, επαναλαμβάνοντας 10 φορές για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας. Ένα σύστημα χρονομέτρησης, με ηλεκτρονικό χρονόμετρο και δύο ζεύγη φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων, κατέγραφαν τον χρόνο που χρειαζόταν κάθε παιδί να διανύσει μια ενδιάμεση απόσταση 5m. Η διαδικασία καταγράφηκε από βιντεοκάμερα για τον προσδιορισμό της συχνότητας του βαδίσματος, αλλά και για την καταγραφή της διάρκειας διασκελισμού, στήριξης και αιώρησης. Από την εφαρμογή της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «τάξη» στο χρόνο διασκελισμού και στη συχνότητα βάδισης. Ακόμη, από τον υπολογισμό του συντελεστή μεταβλητότητας (coefficient of variation – CV) βρέθηκε να τεκμηριώνεται η επαναληπτικότητα όλων των παραμέτρων, ενώ οι συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης (intraclass correlation coefficient – ICC) μεταξύ των 10 προσπαθειών ήταν αρκετά μεγαλύτεροι από 0.80 για όλες τις εξεταζόμενες παραμέτρους. Συμπερασματικά, φαίνεται πως μεταξύ 6 και 12 ετών η ηλικία μπορεί να επηρεάσει το χρόνο διασκελισμού και τη συχνότητα βάδισης, ενώ το φύλο δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση. Επίσης, τα δεδομένα

αυτά μπορούν να αποτελέσουν μια αξιόπιστη βάση δεδομένων για παιδιά αυτής της ηλικίας μιας και φαίνεται να υπάρχει υψηλή επαναληπτικότητα των παραμέτρων της βάρδιας. Βασική είναι, βέβαια η επανάληψη των δοκιμασιών για τουλάχιστον δέκα φορές για τη διεξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Λέξεις κλειδιά: επαναληπτικότητα, ταχύτητα, συχνότητα βάρδιας, παιδιά.

SUMMARY

SARRIMANOLI ANASTASIA: Repeatability of speed and frequency of walking in school age children

(Under the supervision of Assistant Professor Aggelousis Nickolaos)

Gait analysis is often used for clinical applications. However, the comparison between normal and not normal gait aiming at the export of conclusions on the type and the gravity of kinetic problems, presents enough restrictions, due to the big number of factors that affects somebody's walking. Between the factors that differentiate gait, it should be taken into consideration the sex, the age, the speed and the frequency of walking. The purpose of this study was to record the speed and the frequency of walking in school age children from Greek population and to determine their reproducibility. 120 children from all classes of two municipal schools of Attica were measured. During the examination children walked with natural speed a distance of 13 m, repeating 10 times for the determination of reproducibility. A system with an electronic chronometer and two pairs of photocells and reflectors, was recording the time that each child needed to cover an intermediary distance of 5 m. The process was recorded by a video camera for the determination of gait frequency, but also for recording the duration of stride, stance and swing. From the application of the multivariate analysis of variance, there was a statistically important effect of the factor "class" in the time of stride and in the frequency of gait. Also, by calculating the coefficient of variation (CV) reproducibility of all the parameters was argued, while intraclass correlation coefficients (ICC) between the 10 efforts were more than 0.80 for all the examined parameters. In conclusion, it appears that between 6 and 12 years the age can influence the time of stride and the gait frequency, while sex does not appear to have important effect. Also, these findings can constitute a reliable base of data for children of this age provided that there is high reproducibility of the gait parameters. Certainly, the repetition of the test for at least ten times is imperative for the conduction of reliable conclusions.

Key words: reproducibility, walking speed, walking cadence, children.

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω την κυρία Ελένη Κόλλια,
διευθύντρια του 3^{ου} Δημοτικού Σχολείου Καλυβίων,
για την πολύτιμη βοήθειά της καθώς και τον Κύριο
Αγγελούση Νικόλαο για την καθοδήγησή του και τη
σημαντική συμβολή του στην ολοκλήρωση αυτής της
εργασίας.*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	ix
 Κεφάλαιο	
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Προσδιορισμός του προβλήματος	2
Χρησιμότητα της έρευνας	3
Σκοπός της έρευνας	3
Υποθέσεις της έρευνας	3
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	5
Η φυσική ιστορία του βαδίσματος	5
Χώρο-χρονικές παράμετροι και ανάπτυξη	6
Ταχύτητα και Συχνότητα Βάδισης στα παιδιά	7
Οι φάσεις της βάδισης στα παιδιά	8
Η επίδραση του ύψους του σώματος	9
Η επίδραση της Ηλικίας	11
Η επίδραση του Φύλου	12
Μέθοδοι μέτρησης της βάδισης και των χώρο-χρονικών παραμέτρων	13
Επαναληπτικότητα της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης	16
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	18
Δείγμα	18
Όργανα Μέτρησης	18
Διαδικασία Μέτρησης	20
Σχεδιασμός της έρευνας	22

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	23
Μελέτη των επιδράσεων των παραγόντων «τάξη» και «φύλο»	23
Συντελεστές μεταβλητότητας των τιμών των παραμέτρων της βάδισης	25
Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης των παραμέτρων της βάδισης	28
Ποσοστιαία κατανομή των παραμέτρων της βάδισης	29
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
Βάδιση και ηλικία	31
Βάδιση και φύλο	37
Βάδιση και Επαναληπτικότητα	38
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	44
VII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	45
VIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σελίδα

Πίνακας 1. Μέσοι όροι (T.A.) των παραμέτρων της βάδισης, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των παιδιών, στις τάξεις του δημοτικού σχολείου	24
Πίνακας 2. Μέσοι όροι (T.A.) των παραμέτρων της βάδισης, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των αγοριών και των κοριτσιών	25
Πίνακας 3. Μέσοι όροι (T.A.) των παραμέτρων της βάδισης, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο και των συντελεστών μεταβλητότητας τους (CV%)	27
Πίνακας 4. Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δοκιμασιών βάδισης (ICC ₁₀) και για μια τυχαία προσπάθεια (ICC ₁) για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των παιδιών	29
Πίνακας 5. Ποσοστιαίες θέσεις (Percentiles) των παιδιών του δείγματος ανάλογα με την ταχύτητα και τη συχνότητα βάδισης τους	30

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

	Σελίδα
Εικόνα 1. Ηλεκτρονικό χρονόμετρο	19
Εικόνα 2. Φωτοκυττάρα-ανακλαστήρες, τοποθετημένα σε τρίποδες	19
Εικόνα 3. Βιντεοκάμερα λήψης 25 εικόνων/ sec	19
Εικόνα 4. Καταγραφή χρόνου για 5m απόσταση	21
Σχήμα 1. Μέσοι όροι της ταχύτητας βάρδισης των παιδιών σε κάθε Προσπάθεια	26
Σχήμα 2. Μέσοι όροι της συχνότητας βάρδισης των παιδιών σε κάθε Προσπάθεια	26



Ι. ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Η βάδιση έχει αποτελέσει αντικείμενο εμπειριστατωμένων ερευνών εδώ και πολλά χρόνια (McGraw, 1940; Burnett and Johnson, 1971; Statham and Murray, 1971; Sutherland, Olshen, Cooper & Woo, 1980; Forssberg, 1985) και μέχρι σήμερα έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός επιστημονικών κέντρων και εργαστηρίων που ειδικεύονται στην τεχνική της ανάλυσης του βαδίσματος για ιατρικούς σκοπούς. Η τεχνική ανάλυσης του βαδίσματος χρησιμοποιείται διεθνώς ως πηγή πληροφοριών για την λήψη αποφάσεων σχετικών με την αποκατάσταση κινητικών προβλημάτων.

Η κλινική χρήση της ανάλυσης του βαδίσματος για την αποκατάσταση νευρομυϊκών παθήσεων και μυοσκελετικών παθήσεων και κακώσεων συνίσταται στην εργαστηριακή αξιολόγηση του βαδίσματος του ασθενούς πριν από την εφαρμογή μιας ιατρικής παρέμβασης και στην σύγκριση των σχετικών δεδομένων με τα φυσιολογικά πρότυπα του βαδίσματος, προκειμένου να καταγραφούν οι αποκλίσεις σχετικά με τη λειτουργία των βιολογικών δομών των κάτω άκρων του ασθενούς (Janura et al, 1998). Οι αντικειμενικές πληροφορίες σχετικά με το είδος και την βαρύτητα αυτών των αποκλίσεων είναι απαραίτητες πλέον στους ειδικούς ορθοπεδικούς χειρουργούς και νευροχειρουργούς, προκειμένου να σχεδιάσουν πληρέστερα την πολυπαραγοντική παρέμβαση τους (Nene, Evans & Patrick, 1993).

Επιπλέον, σημαντική είναι η εφαρμογή της ανάλυσης του βαδίσματος και μετά την ιατρική παρέμβαση, στο πλαίσιο της αξιολόγησης των προγραμμάτων αποκατάστασης που εφαρμόζονται στη συνέχεια. Στην κατεύθυνση αυτή η ανάλυση του βαδίσματος εφαρμόζεται περιοδικά, πριν και κατά τη διάρκεια του προγράμματος αποκατάστασης (φυσιοθεραπείας ή/και άσκησης) που ακολουθεί ο ασθενής, προκειμένου αφενός να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα της ιατρικής παρέμβασης που προηγήθηκε και αφετέρου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του εφαρμοζόμενου προγράμματος αποκατάστασης.

Προσδιορισμός του προβλήματος

Η εφαρμογή της ανάλυσης του βαδίσματος και η σύγκριση των δεδομένων του ασθενούς με τα δεδομένα του φυσιολογικού βαδίσματος, προκειμένου να συλλεχθούν πληροφορίες για το είδος και τη βαρύτητα των αποκλίσεων, οι οποίες θα επιτρέψουν τον σχεδιασμό αποτελεσματικότερων ιατρικών παρεμβάσεων, αποτελεί ίσως την πλέον κοινή χρήση της ανάλυσης του βαδίσματος σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση (Oatis, 1995). Η τεχνική ανάλυσης του βαδίσματος χρησιμοποιεί σχεδόν όλες τις μεθόδους εμβιομηχανικών αναλύσεων της κίνησης. Οι μέθοδοι αυτές διακρίνονται στις μεθόδους μέτρησης των χωρο-χρονικών παραμέτρων, στις μεθόδους μέτρησης των κινηματικών χαρακτηριστικών, στις μεθόδους μέτρησης των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους, στις μεθόδους μέτρησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών και στις μεθόδους μέτρησης της κατανάλωσης της ενέργειας κατά το βάδισμα.

Αξίζει, όμως να σημειωθεί πως η σύγκριση του φυσιολογικού με το μη φυσιολογικό βάδισμα με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για το είδος και τη βαρύτητα ενός κινητικού προβλήματος, παρουσιάζει αρκετούς περιορισμούς. Έτσι, η ταχύτητα, για παράδειγμα, επιδρά σημαντικά στον τρόπο του βαδίσματος, μεταβάλλοντας μεταξύ άλλων το μήκος του βήματος, την αναλογία της χρονικής διάρκειας της αιώρησης προς αυτή της στήριξης και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των μυών των κάτω άκρων. Κατά συνέπεια οι συγκρίσεις των δεδομένων του βαδίσματος ατόμων που περπατούν με διαφορετικές ταχύτητες έχουν περιορισμένη ισχύ, καθώς μεγάλο μέρος των διαφορών των δεδομένων τους μπορεί να οφείλεται στην επίδραση της διαφορετικής ταχύτητας (Finley, Cody & Finizie, 1969).

Επιπλέον, στις περιπτώσεις που η ανάλυση του βαδίσματος εφαρμόζεται για τη σύγκριση του μη φυσιολογικού με το φυσιολογικό βάδισμα, θα πρέπει τα δεδομένα του φυσιολογικού βαδίσματος να έχουν συλλεχθεί από άτομα με παρόμοια χαρακτηριστικά με τον εξεταζόμενο ασθενή. Για αυτό, μεταξύ των παραγόντων που διαφοροποιούν το βάδισμα ενός εξεταζόμενου, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και φύλο (Murray, Drought & Kory, 1964) και η ηλικία (Beck, Andriacchi, & Kuo, 1981; Imms & Edholm, 1981; Sutherland et al, 1980).

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων, συνήθως εκτελούνται περισσότερες από μια προσπάθειες (Kadaba et al, 1989). Ο

αριθμός των προσπαθειών που απαιτούνται να εκτελεστούν εξαρτάται από την επαναληπτικότητα της αξιολογούμενης παραμέτρου του βαδίσματος. Προηγούμενες έρευνες έχουν διαπιστώσει υψηλή επαναληπτικότητα για τις περισσότερες παραμέτρους του βαδίσματος (Winter, 1984; Kadaba et al, 1989; Boonstra, Fidler & Eismal, 1993). Σε σχετικές μελέτες όμως έχει διαπιστωθεί ότι τα νεότερα άτομα επιδεικνύουν λιγότερο στερεότυπα κινηματικά πρότυπα κατά την επανάληψη των κινήσεων (Kuhtz-Buschbeck et al, 1996). Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε χαμηλότερη επαναληπτικότητα των χωροχρονικών μετρήσεων βάδισης σε παιδιά (Stolze et al, 1998).

Χρησιμότητα της έρευνας

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα παραπάνω, η δημιουργία μίας βάσης χωροχρονικών δεδομένων από παιδιά χωρίς κινητικά προβλήματα, όπου θα έχουν ληφθεί υπόψη όλες αυτές οι παράμετροι που επηρεάζουν το βηματισμό (το φύλλο, η ηλικία, το ύψος κλπ) μπορεί να αποτελέσει ένα στοιχειώδες κομμάτι στη μετέπειτα διερεύνηση σε με διαταραχές βάδισης. Επιπλέον κρίνεται σκόπιμο να προσδιοριστεί η επαναληπτικότητα των εξεταζόμενων παραμέτρων, η οποία μπορεί να καθορίσει το εύρος των φυσιολογικών τιμών για την κάθε παράμετρο, αλλά και τον αριθμό των προσπαθειών που απαιτείται να εκτελούνται προκειμένου να συλλέγονται αξιόπιστα δεδομένα κατά την ανάλυση του βαδίσματος.

Σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η καταγραφή της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης σε παιδιά σχολικής ηλικίας από τον ελληνικό πληθυσμό και ο προσδιορισμός της επαναληπτικότητας τους, προκειμένου να δημιουργηθούν αξιόπιστες βάσεις δεδομένων του φυσιολογικού βαδίσματος των παιδιών στην Ελλάδα.

Υποθέσεις της έρευνας

Η κύρια ερευνητική υπόθεση της έρευνας ήταν ότι η ταχύτητα και η συχνότητα βάδισης παρουσιάζουν μεγάλη επαναληπτικότητα στα παιδιά σχολικής ηλικίας στην Ελλάδα. Η δευτερεύουσα ερευνητική υπόθεση ήταν ότι παράγοντες

όπως το φύλλο, η ηλικία, το βάρος και το ύψος των παιδιών έχουν σημαντική επίδραση στην ταχύτητα και τη συχνότητα βάδισης.

Για τον έλεγχο της ορθότητας των ερευνητικών υποθέσεων ελέγχθηκαν οι παρακάτω μηδενικές υποθέσεις:

1. Δεν θα υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών του βαδίσματος
2. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση των παραγόντων φύλλο, ηλικία, ύψος και βάρος στην ταχύτητα και στη συχνότητα βάδισης.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Η Φυσική Ιστορία του Βαδίσματος

Υπάρχει συμφωνία όσον αφορά στην πεποίθηση πως τα πατέντα βάδισης των μικρών παιδιών διαφέρουν από εκείνα των ενηλίκων. Η σπουδαιότητα της αντίληψης αυτού του γεγονότος συνίσταται στο ότι πρέπει να γίνει κατανοητή η κανονική ή η φυσική ιστορία ενός φαινομένου που μελετάται πριν επιχειρηθεί η περιγραφή και η μελέτη του παθολογικού ή του μη φυσιολογικού. Δηλαδή, προκειμένου να εντοπιστεί και να ερμηνευτεί η παθολογική βάδιση σε μικρά παιδιά, πρέπει να οριστεί η φυσική ιστορία της ωρίμανσης του βαδίσματος. Μέχρι σήμερα, η αρθρογραφία που περιγράφει τα χαρακτηριστικά της βάδισης κατά την ανάπτυξη των παιδιών είναι σχετικά σπάνια, και οι συγκρίσεις γίνονται συχνά για διαγνωστικούς και λόγους επέμβασης με βάση τα στοιχεία των ενηλίκων.

Σε γενικές γραμμές η ακολουθία της ανάπτυξης της ανθρώπινης κινητικότητας μετά από τη γέννηση είναι ευρέως γνωστή. Το νεογέννητο νήπιο είναι ανίσχυρο και πλήρως εξαρτώμενο. Το νήπιο είναι σε θέση να καθίσει σε περίπου 6 μήνες μετά από τη γέννηση, αρχίζει να μπουσουλάει περίπου στους 9 μήνες, και περπατά χωρίς υποστήριξη περίπου σε 1 χρόνο (Sheridan, 1960). Υπάρχουν στοιχεία ότι το σύστημα ελέγχου είναι σε ισχύ, αν και όχι πολύ καλά συντονισμένο, πριν από το ανεξάρτητο περπάτημα και έχει ανακαλυφθεί ότι τα προ του βαδίσματος λακτίσματα των ποδιών μοιάζουν με τις κινήσεις των κάτω άκρων κατά τις πρώτες φάσεις της ελεύθερης βάδισης (Thelen & Cooke, (1987).

Η βάδιση αρχίζει με μια ευρεία βάση στήριξης. Τα πόδια συνήθως βρίσκονται σε έξω στροφή με κάποιο βαθμό κλίσης. Η προσγείωση γίνεται με το πόδι επίπεδο αρχικά και με την ανάπτυξη της επαφής με την πτέρνα περίπου 6 μήνες αργότερα. Αρχικά τα χέρια χρησιμοποιούνται για ισορροπία, μέχρι να εξελιχθεί τελικά η αμοιβαία ταλάντωσή τους κατά τον ώριμο βηματισμό. Η έναρξη του τρεξίματος στο δεύτερο έτος ζωής σημαίνει ότι το παιδί αρχίζει να αποκτά περαιτέρω δεξιότητες ισορροπίας, επειδή υπάρχει τώρα μια περίοδος στον κύκλο βάδισης όπου κανένα πόδι δεν είναι σε επαφή με το έδαφος.

Φυσικά, αρχικά, το παιδί δεν έχει πλήρη έλεγχο της ισορροπίας, της ταχύτητας και της δυνατότητας αλλαγής κατεύθυνσης και οι πτώσεις είναι συχνές. Μεταξύ των ηλικιών 2 –5 ετών τα κάτω άκρα παρουσιάζουν τη στάση των κλειδωμένων γονάτων. Μέχρι τα 4–5 έτη η πλειοψηφία των παιδιών αναπτύσσει μια σχετική ραιβότητα στα πόδια και έχουν πλέον το πέλμα επίπεδο. Πέρα από την ηλικία των 5 ετών, η στάση των γονάτων διορθώνεται και, δεδομένου ότι τα πόδια μακραίνουν, οι αυξάνεται το μήκος βήματος, μειώνεται η συχνότητα βήματος και το παιδί υιοθετεί τον ενήλικο βηματισμό και στάση περίπου στην ηλικία των 8 ετών (Tennant & Monsell, 2004).

Για να εκτιμηθούν οι αλλαγές που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ωρίμανσης του βηματισμού, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστούν οι μεταβολές των χώρο-χρονικών παραμέτρων, των κινηματικών και κινητικών παραμέτρων, των μυϊκών ενεργοποιήσεων και ενεργειακής κατανάλωσης όσο το παιδί αναπτύσσεται. Αυτή η εργασία θα περιοριστεί, όσο το δυνατόν περισσότερο, στην περιγραφή των μεταβολών των χώρο-χρονικών παραμέτρων, εφόσον αυτές είναι και το κύριο αντικείμενο διερεύνησής της.

Χώρο-χρονικές παράμετροι και ανάπτυξη

Στις χώρο-χρονικές παραμέτρους της βάδισης περιλαμβάνονται οι χρονικές διάρκειες των φάσεων του βαδίσματος, τα μήκη των βημάτων και των διασκελισμών, το πλάτος της βάσης στήριξης, η ταχύτητα και η συχνότητα βάδισης. Οι χωροχρονικές παράμετροι όπως η ταχύτητα βηματισμού, το μήκος διασκελισμού, ο ρυθμός και το πλάτος του βήματος είναι απλές και ανέξοδες να μετρηθούν και να παρέχουν τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν το βάδισμα ενός ατόμου. Έχουν, επίσης, χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσουν την ανάπτυξη της βάδισης στα παιδιά (Norlin, Odenrick & Sandlund, 1981; Wheelwright, Minns, Law & Elton, 1993), τη φυσιολογική κίνηση σε ενήλικες και διαταραχές βάδισης (Holden, Gill, Magliozzi, Nathan & Peil-Baker, 1984; Murray, Drought & Kory, 1964), συχνά συμπληρωμένες από κινηματικά, κινητικά και ηλεκτρομυογραφικά στοιχεία.

Αν το μήκος των αριστερών και των δεξιών βημάτων είναι περίπου ίσα, όπως στα φυσιολογικά παιδιά, η επιλογή του μήκους των βημάτων και της συχνότητας των βημάτων είναι κατάλληλη για τον υπολογισμό της ταχύτητας. Εντούτοις, εάν

τα δεξιά και αριστερά βήματα είναι δεν είναι ίσα, ακόμα και στα φυσιολογικά παιδιά, όπως αναφέρεται από τον Wheelwright και τους συνεργάτες του, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η συχνότητα διασκελισμού και το μήκος διασκελισμού (Wheelwright et al, 1993). Ποιοι είναι, όμως, οι παράγοντες που ελέγχουν τη συχνότητα των βημάτων, το μήκος των βημάτων, και την ταχύτητα περπατήματος στα παιδιά; Ποιος είναι ρόλος της μυοσκελετικής ανάπτυξης και της ωρίμανσης του κεντρικού νευρικού συστήματος; Εάν η ωρίμανση του συστήματος ελέγχου είναι σημαντική, σε ποια ηλικία παύει να είναι προσδιοριστικός παράγοντας; Όλα αυτά είναι ερωτήματα που έχουν απασχολήσει πολλούς ερευνητές. Στη συνέχεια θα γίνει μία προσπάθεια παράθεσης των απόψεων που επικρατούν.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ. Ως ταχύτητα βάδισης ορίζεται η απόσταση που διανύεται στη μονάδα του χρόνου ενώ, ως συχνότητα (ρυθμός) του βαδίσματος ορίζεται ο αριθμός των βημάτων που εκτελούνται στη μονάδα του χρόνου. Η ταχύτητα βάδισης είναι το προϊόν της συχνότητας βήματος και του μήκους βήματος, ή της συχνότητας διασκελισμού και του μήκους διασκελισμού. Όσον αφορά την ταχύτητα του βαδίσματος, αυτή επιδρά σημαντικά στον τρόπο του βαδίσματος, μεταβάλλοντας μεταξύ άλλων το μήκος του βήματος, την αναλογία της χρονικής διάρκειας της αιώρησης προς αυτή της στήριξης και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των μυών των κάτω άκρων. Κατά συνέπεια οι συγκρίσεις των δεδομένων του βαδίσματος ατόμων που περπατούν με διαφορετικές ταχύτητες έχουν περιορισμένη ισχύ, καθώς μεγάλο μέρος των διαφορών των δεδομένων τους μπορεί να οφείλεται στην επίδραση της διαφορετικής ταχύτητας (Finley, Cody & Finizie, 1969).

Σε μία δεδομένη ταχύτητα, ωστόσο, κάποιος μπορεί να περπατά με πολλούς συνδυασμούς μήκους και ρυθμού βήματος. Ενώ κάποιος περπατά με ελεύθερο ρυθμό βήματος, ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι το μήκος βήματος προς το ρυθμό βήματος - ο λόγος της βάδισης (Nagasaki et al, 1996; Sekiya, Nagasaki, Ito & Furuna, 1996)- δεν διαφοροποιείται στις διάφορες ταχύτητες (Sekiya et al, 1996; Zijlstra, Rutgers, Hof & Van Weerden, 1995).

Ο λόγος της βάδισης αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ του εύρους και της συχνότητας της ρυθμικής κίνησης των ποδιών κατά τη βάδιση, και είναι ακόμη ένας απλός δείκτης περιγραφής του χώρο-χρονικού συντονισμού. Τα πατέντα βάδισης που χαρακτηρίζονται από αμετάβλητους λόγους βάδισης είναι ευνοϊκά από πλευράς

κατανάλωσης ενέργειας (Zappugh, Todd & Ralston, 1974), χρονικής (Maruyama & Nagasaki, 1992) και χωρικής σταθερότητας (Sekiya, Nagasaki, Ito, & Furuna, 1997) και απαίτησης προσοχής (Kurosawa, 1994). Αυτό δείχνει πως οι αποκλίσεις από το φυσιολογικό του λόγου της ελεύθερης βάδισης μπορεί να αποκαλύπτουν μη φυσιολογικά πατέντα βάδισης.

Το εύρος της ταχύτητας με το οποίο βαδίζει ένα παιδί αυξάνει σημαντικά κατά τη διάρκεια των πρώτων έξι μηνών αυτόνομης βάδισης, ενώ για τα περισσότερα παιδιά από την έναρξη της αυτόνομης βάδισης, η διάρκεια του βήματος, της αιώρησης και της φάσης διπλής στήριξης μειώνονται γραμμικά όσο αυξάνεται η ταχύτητα (Bril & Breniere, 1989).

Αυτό φαίνεται ακόμα περισσότερο σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας, όπου όλα τα στοιχεία των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους ακολουθούν μια συνεπή τάση με την αλλαγή της επιλεγμένη ταχύτητας, για αυτόν τον λόγο η ταχύτητα της κίνησης θεωρείται πως είναι ο κυρίαρχος παράγοντας αυτή που χαρακτηρίζει τη βάδιση των παιδιών, ιδίως στις ηλικίες μεταξύ 5 έως 12 ετών (Stansfield et al, 1999).

ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΒΑΔΙΣΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ. Όπως, προαναφέρθηκε, για τα περισσότερα παιδιά από την έναρξη της αυτόνομης βάδισης, η διάρκεια του βήματος, της αιώρησης και της φάσης διπλής στήριξης μειώνονται γραμμικά όσο αυξάνεται η ταχύτητα. Ωστόσο, η χρονική δόμηση του βήματος μοιάζει με αυτή των ενηλίκων από τα πρώιμα στάδια της βάδισης. Πιο συγκεκριμένα, η σχέση μεταξύ διάρκειας αιώρησης και διάρκειας βήματος είναι γραμμική μόλις το παιδί αρχίζει να περπατάει, ενώ χρειάζονται μερικές εβδομάδες στην περίπτωση της διπλής στήριξης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η σχετική διάρκεια των φάσεων είναι σταθερή όσο η διάρκεια του βήματος αυξάνεται. Όταν η σχετική διάρκεια δεν είναι σταθερή, μειώνεται όσο η διάρκεια του βήματος αυξάνεται. (Bril & Breniere, 1989).

Το ποσοστό της μονής στήριξης, επίσης, αποτελεί άλλη μία χρήσιμη μέτρηση στην αξιολόγηση της ωρίμανσης του βαδίσματος. Η ικανότητα της ισορροπίας στο ένα πόδι είναι ορόσημο της διποδικής βάδισης. Εξ' ορισμού, ο χρόνος της στήριξης στο ένα πόδι και της αιώρησης του αντίθετου είναι ίσοι. Ένας φυσιολογικός χρόνος μονής στήριξης είναι ένδειξη σταθερότητας και μια εξασφάλιση ίσου χρόνου αιώρησης. Το ποσοστό του χρόνου της μονής στήριξης είναι περιορισμένο για τα

μικρά παιδιά. Μια προοδευτική αύξηση του ποσοστού της μονής στήριξης εμφανίζεται μέχρι ένα επίπεδο πλησίον αυτού που επιτυγχάνεται από κανονικούς ενηλίκους, κατά τα 3,5- 4 χρόνια (Sutherland et al, 1988).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΥΨΟΥΣ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ. Η διποδική στήριξη και βάδιση είναι η θεμελιώδης εξελικτική προσαρμογή των ανθρωποειδών – άρα και του ανθρώπου– από τα άλλα θηλαστικά (Vaughan, 2003). Ένα παιδί που προσπαθεί να περπατήσει, κάνοντας τα πρώτα του διστακτικά βήματα, χρησιμοποιεί, κατά βάση, τα ίδια πατέντα βάδισης με έναν ενήλικα ύψους δύο μέτρων που περπατά στο δρόμο (Vaughan, Damiano & Abel, 1997). Ωστόσο, και οι προϊστορικοί δεινόσαυροι χρησιμοποιούσαν την διποδική επίγεια μετακίνηση, μερικοί από τους οποίους είχαν πέντε μέτρα ύψος (Alexander, 1991). Αυτό οδηγεί στην ερώτηση πώς είναι δυνατόν να συγκρίνουμε τα πατέντα βάδισης διαφορετικών υποκειμένων με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Πράγματι, φαίνεται πως η κινητική της βάδισης των ενηλίκων και των παιδιών διαφέρει λόγω των διαφορών στο μέγεθος και στις αναλογίες των τμημάτων του σώματος. Παραδείγματος χάριν, έχει τεθεί ως αίτημα ότι οι προηγουμένως προσδιορισμένες κινητικές διαφορές μεταξύ των ενηλίκων και των παιδιών κατά τη διάρκεια του βηματισμού μπορεί να είναι τεχνητές, δεδομένου ότι προκύπτουν από τη χρήση ανθρωπομετρικών στοιχείων που δεν αντιπροσωπεύουν ακριβώς τα χαρακτηριστικά των παιδιών (Cupp, Oeffinger, Tylkowski & Augsburger, 1999).

Άλλωστε, έχει καταδειχθεί ότι το ύψος του σώματος αφορά άμεσα το μήκος διασκελισμού στους ενηλίκους (Inman, Ralston & Todd, 1981). Υπάρχουν περαιτέρω στοιχεία ότι το μήκος των άκρων επηρεάζει τη συχνότητα βήματος, το μήκος και την ταχύτητα (Wheelwright, Minns, Law & Elton, 1993; Beck, Andriacchi, Kuo, Fermier & Galante, 1981).

Κάποιοι μελετητές προσπάθησαν να ορίσουν αυτές τις παραμέτρους σε διαφορετικές αναπτυξιακές ηλικίες. Έτσι, ο Sutherland και οι συνεργάτες του αναφέρουν έναν μέσο όρο ρυθμού 176 βημάτων/λεπτό για παιδιά ενός έτους, ρυθμός που μειώνεται αισθητά κατά τη διάρκεια των επόμενων 2,5-3 ετών. Ακόμη, το μήκος του διασκελισμού φαίνεται πως αυξάνεται με ταχύ ρυθμό μέχρι τα 4 έτη, και κατόπιν συνεχίζει να αυξάνεται σε πιο αργό ρυθμό. Η ταχύτητα αυξάνεται

απότομα, παρά τον μειωμένο ρυθμό, μέχρι τα 3.5-4 χρόνια (Sutherland, Olshen, Biden, & Wyatt, 1988).

Για να εξεταστεί η επιρροή της ανάπτυξης και του μήκους των άκρων στις παραμέτρους χρόνου-απόστασης, είναι χρήσιμο να εφαρμοστούν οι βασικές γνώσεις πάνω στις εκκρεμοειδείς κινήσεις. Είναι γνωστό πως τα κάτω άκρα δρουν σαν ένα σύνθετο εκκρεμές κατά τη διάρκεια της φάσης αιώρησης, με τους μυς να ελέγχουν την έναρξη της αιώρησης και την έκταση της κνήμης. Είναι ευρέως γνωστό πως μια εκκρεμοειδής κίνηση εξαρτάται από το μήκος του εκκρεμούς και από το κέντρο μάζας. Επομένως, συνεπάγεται πως το μήκος του άκρου και η θέση του κέντρου της μάζας είναι οι σωματικές ιδιότητες που συνδυασμένες με τη δράση των μυών που διασχίζουν τις αρθρώσεις, είναι υπεύθυνες για τη γωνιακή περιστροφή και για το χρόνο της ταλάντευσης (Piazza & Delp, 1996).

Προκειμένου, όμως, να συγκριθούν οι πληροφορίες βάδισης μεταξύ δύο ατόμων με σημαντική διαφορά ύψους ή/και μάζας πρέπει να «ομαλοποιηθούν» οι πληροφορίες σε μία προσπάθεια αφαίρεσης όλων των διαφοροποιήσεων λόγω αυτών των διαφορών. Αν και η «ομαλοποίηση» των στοιχείων βηματισμού είναι στερεότυπη πρακτική, έχει εφαρμοστεί με διάφορους τρόπους, συχνά χωρίς μαθηματική αιτιολόγηση ή μια σταθερή δυναμική βάση (Stansfield, Hillman, Hazlewood, Lawson & Mann, 2003).

Οι Pietrynowski και Galea ερεύνησαν οκτώ κλίμακες και βρήκαν πως η «ομαλοποίηση» σε μία διάσταση (Μονοδιάστατη Ομαλοποίηση) ήταν μια από τις επιτυχέστερες μεθόδους για την μεταβλητότητα των εξεταζόμενων, υποστηρίζοντας τη χρήση αυτής της μεθόδου σε παιδιατρικούς πληθυσμούς (Pietrynowski & Galea, 2001).

Στοιχεία από μελέτες σε υγιή παιδιά μεταξύ 4 και 10 ετών δίνουν πειστικά στοιχεία πως, όταν χρησιμοποιείται κάποια κλίμακα για το μήκος του ποδιού, κανένα αποτέλεσμα του μήκους διασκελισμού και του ρυθμού δεν είναι ουσιαστικά όμοιο με των ενηλίκων αλλά ούτε και μεταξύ των παιδιών (Todd et al, 1989; O'Malley, 1996). Ο Scrutton αναφέρει πως τα χαρακτηριστικά του βήματος (μήκος βήματος προς μήκος ποδιού) αυξάνονται από το 1^ο έτος μέχρι το 4^ο (Scrutton, 1969). Αν και κάποιοι μελετητές αναφέρουν πως καταδεικνύονται αλλαγές στο «αδιάστατο» μήκος βήματος και στον ρυθμό και σε παιδιά άνω των 4 ετών (Hof & Zilstra, 1997), η ανάπτυξη και η ωρίμανση φαίνεται πως τελικά επηρεάζουν τις

χώρο-χρονικές παραμέτρους κυρίως στην ηλικία μεταξύ ενός και των τεσσάρων ετών.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, εκτός από την ανάπτυξη, υπάρχει και μία διαδικασία ωρίμανσης που συνδέεται με τη σταθερότητα της βάδισης, ιδίως, σε ηλικίες μεταξύ 3,5 και 4 ετών. Εντούτοις, η ανάπτυξη από μόνη της εξηγεί την πλειοψηφία των αλλαγών με το πέρασμα των χρόνων. Οι αλλαγές που εμφανίζονται μετά από την περίοδο ωρίμανσης βρίσκονται πρώτιστα στις χώρο-χρονικές παραμέτρους, που σχετίζονται με το μήκος του μέλους ή με το ύψος του σώματος. Από αυτές τις δύο μετρήσεις, το ύψος του σώματος έχει πολλούς υποστηρικτές, δεδομένου ότι είναι εύκολα μετρήσιμο. Βέβαια, υπάρχει ένα θεωρητικό πλεονέκτημα στη χρήση του μήκους του ποδιού. Αναμφισβήτητα, το μήκος των κάτω άκρων συσχετίζεται αμεσότερα με τη λειτουργία των άκρων από το ύψος. Για αυτό και προτείνεται να γίνεται «ομαλοποίηση» για παιδιά 4 ετών και πάνω, με σκοπό να αποφευχθούν οι αλλαγές στις χώρο-χρονικές παραμέτρους που επηρεάζονται από την ωρίμανση του κεντρικού συστήματος ελέγχου (Sutherland, 1997).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ. Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι η ηλικία και το επίπεδο ωρίμανσης του ατόμου επιδρούν στον τρόπο που βαδίζει. Για την ακριβή επίδραση όμως της ηλικίας και του επιπέδου ωρίμανσης υπάρχουν διαφωνίες μεταξύ των ερευνητών (Beck, Andriacchi, & Kuo, 1981; Imms & Edholm, 1981; Sutherland et al, 1980). Οι λόγοι αυτής της διαφωνίας εντοπίζονται στη δυσκολία σύγκρισης ατόμων με διαφορετικές ηλικίες, λόγω των πολλών έμφυτων διαφορών που χαρακτηρίζουν τα άτομα αυτά (Oatis, 1995), αν και πιο πρόσφατες μελέτες αιτιολογούν περισσότερο την νευρολογική ωρίμανση, ιδίως μέχρι το έβδομο έτος ζωής (Dierick, Lefebvre, van den Hecke & Detrembleur, 2004).

Ο Todd και οι συνεργάτες του συνέταξαν δημοσιευμένα στοιχεία από πολλούς ερευνητές αναφορικά με τις χώρο-χρονικές παραμέτρους με άξονα την πλήρη σκελετική ωρίμανση. Είναι φανερό από τις αναφορές τους πως οι περισσότερες χώρο-χρονικές παράμετροι σχετίζονται άμεσα με την μυοσκελετική ανάπτυξη. Με άλλα λόγια, γίνεται αντιληπτό ότι η συχνότητα βάδισης, η ταχύτητα, και το μήκος βήματος δεν είναι απολύτως ώριμα αν δεν έχει ολοκληρωθεί η σκελετική ανάπτυξη (Todd et al, 1989).

Σε πολύ μικρά παιδιά, η ανωριμότητα του ελέγχου στάσης και βάδισης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα αστάθεια κίνησης. Σε παιδιά ηλικίας 3 ετών περίπου, η



βάδιση εμφανίζεται σχετικά ώριμη. Ωστόσο, είναι άγνωστο το κατά πόσο η δυναμική βαδίσματος αλλάζει πέρα από αυτήν την ηλικία. Επειδή, όμως, η δυναμική του βήματος εξαρτάται από ότι φαίνεται και από τον νευρολογικό έλεγχο, θεωρείται πως ο έλεγχος της κίνησης μπορεί να συνεχίζει να εξελίσσεται και μετά τα 3 έτη (Hausdorff, Zeman, Peng & Goldberger, 1999). Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την χρονική οργάνωση της βάδισης επέδειξαν σημαντικές διαφορές εξαρτώμενες από την ηλικία. Οι επιδράσεις της ηλικίας παρέμεναν ακόμα και μετά από την προσαρμογή του ύψους. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η δυναμική του ώριμου βήματος μπορεί να μην έχει αναπτυχθεί πλήρως ακόμα και σε υγιή παιδιά 7 ετών και πως διαφορετικά στοιχεία της δυναμικής του βήματος ωριμάζουν στις διάφορες ηλικίες (Hausdorff et al, 1999).

Σε πιο πρόσφατη έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τους Ganley και Powers σε παιδιά επτά ετών, βρέθηκε πως ακόμη και τα παιδιά αυτής της ηλικίας καταδεικνύουν μειωμένη μέγιστη ενεργοποίηση των πελματιαίων καμπτήρων και γενικότερα μικρότερη μέγιστη δύναμη που παράγεται στην ποδοκνημική κατά τη διάρκεια της τελικής στήριξης. Αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την υπόθεση ότι τα παιδιά στερούνται νευρομυϊκής ωριμότητας, ειδικά στην ποδοκνημική, για να μπορούν να περπατήσουν όπως ένας ενήλικας (Ganley & Powers, 2005).

Σε μελέτες, όμως, που έγιναν σε μεγαλύτερα παιδιά, αποδεικνύεται πως ακόμα και όταν η βάδιση ομαλοποιείται ως προς το ύψος, καμία παράμετρος δεν ακολούθησε μια ευδιάκριτη τάση ως προς την ηλικία, ενώ η εξέλιξη της ταχύτητας στις ηλικίες 7 έως 12 δεν φαίνεται ούτε αυτή να ακολουθεί μια αισθητή τάση ως προς την ηλικία. Για αυτόν τον λόγο δεν κρίνεται σωστή η προσπάθεια χαρακτηρισμού της βάδισης σύμφωνα με την ηλικία σε αυτό το ηλικιακό εύρος (Stansfield et al, 1999).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ. Όσον αφορά στο φύλο, αρκετές μελέτες υποστηρίζουν την άποψη ότι οι άνδρες περπατούν διαφορετικά από τις γυναίκες παρόμοιου ύψους και βάρους (Murray, Drought & Kory, 1964). Σε μελέτη των Greer, Hamill και Campbell, σε παιδιά ηλικίας τριών και τεσσάρων ετών, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις τιμές γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας που σχετίζονταν με τα κάτω άκρα. Η δύναμη αντίδρασης του εδάφους παρουσίασε επίσης διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας πέρα από μία περιεκτική περιγραφή των

χαρακτηριστικών της βάδισης στα παιδιά, υποδηλώνουν και ότι υπάρχουν αποδεδειγμένες διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ηλικίας 3 και 4 ετών (Greer, Hamill & Campbell, 1989).

Οι Oberg, Karsznia και Oberg διεξάγοντας επίσης μία εκτενή έρευνα σε εργαστήριο βάδισης σε άτομα ηλικίας 10-79 ετών, παρατήρησαν πως υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση της ηλικίας και του φύλου στην κανονική και γρήγορη βάδιση όσον αφορά στο μήκος του βήματος, ενώ υπήρχαν σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις παραμέτρους μεταξύ των φύλων (Oberg, Karsznia & Oberg, 1993).



Όπως διαφαίνεται από όσα αναφέρθηκαν, ο μεγάλος αριθμός των παραγόντων που επιδρούν στον τρόπο με τον οποίο κάποιος βαδίζει προβάλλει αρκετούς περιορισμούς για την εξαγωγή συμπερασμάτων για το είδος και τη βαρύτητα ενός κινητικού προβλήματος. Ως εκ τούτου, στις περιπτώσεις που η ανάλυση του βαδίσματος εφαρμόζεται για τη σύγκριση του μη φυσιολογικού με το φυσιολογικό βάδισμα, θα πρέπει τα δεδομένα του φυσιολογικού βαδίσματος να έχουν συλλεχθεί από άτομα με παρόμοια χαρακτηριστικά με τον εξεταζόμενο ασθενή. Συνεπώς, μεταξύ των παραγόντων που διαφοροποιούν το βάδισμα ενός εξεταζόμενου, κυρίως πρέπει να λαμβάνονται υπόψη το φύλο, η ηλικία και η ταχύτητα του βαδίσματος.

Μέθοδοι μέτρησης της βάδισης και των χώρο-χρονικών παραμέτρων

Για να αξιολογηθεί ακριβώς η έκταση των αποκλίσεων βηματισμού από τον φυσιολογικό βηματισμό, ή για να αξιολογηθούν οι αλλαγές σε έναν βηματισμό ως αποτέλεσμα μιας συγκεκριμένης θεραπείας, είναι σημαντικό να εξεταστεί όχι μόνο πώς κάθε χαρακτηριστικό γνώρισμα του βαδίσματος έχει αλλάξει αλλά και πώς η σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων άλλαξε. Ο καθορισμός του φυσικού συσχετισμού που υπάρχει μεταξύ των μεταβλητών βηματισμού κρίνεται απαραίτητος. Για αυτόν τον λόγο έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές στατιστικές τεχνικές για να εφαρμοστεί ένα μέτρο για το πόσο πολύ κάθε πατέντο βάδισης πλησιάζει το κανονικό. Αυτή η προσέγγιση, μάλιστα, αναφέρεται συχνά και ως δείκτης κανονικότητας (Schutte et al, 2000). Ο σκοπός του δείκτη κανονικότητας

είναι να βρεθεί ένας αριθμός που απεικονίζει το ποσό παρεκκλίνει ο βηματισμός ενός ατόμου από έναν μέσο κανονικό βηματισμό. Βέβαια, εξ ορισμού, η έννοια του κανονικού είναι υποκειμενική. Ωστόσο η δημιουργία αξιόπιστων βάσεων δεδομένων είναι απαραίτητη.

Η ταχύτητα βάδισης των ανθρώπων καθορίζεται από το μήκος του βήματος και το ρυθμό του βήματος. Παρά όλα αυτά, σε μία δεδομένη ταχύτητα κάποιος μπορεί να περπατά με πολλούς συνδυασμούς μήκους και ρυθμού βήματος. Έχει αναφερθεί ότι το μήκος βήματος προς το ρυθμό βήματος -ο λόγος της βάδισης- όπως ορίζεται από κάποιους μελετητές (Nagasaki et al, 1996; Sekiya et al, 1996) δεν διαφοροποιείται στις διάφορες ταχύτητες (Sekiya et al, 1996; Zijlstra et al, 1995). Ο λόγος της βάδισης αντιπροσωπεύει τη σχέση μεταξύ του εύρους και της συχνότητας της ρυθμικής κίνησης των ποδιών κατά τη βάδιση, και είναι ακόμη ένας απλός δείκτης περιγραφής του χωρο-χρονικού συντονισμού. Ενώ οι άλλες παράμετροι της βάδισης, κινητικές ή κινηματικές, διαφοροποιούνται με την ταχύτητα βάδισης, τα πατέντα βάδισης στα πλαίσια του λόγου της βάδισης παραμένουν ανεξάρτητα από τη βάδιση (Sekiya et al, 1996). Τα πατέντα βάδισης που χαρακτηρίζονται από αμετάβλητους λόγους βάδισης είναι ευνοϊκά από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας (Zatugh, Todd & Ralston, 1974), χρονικής (Maruyama & Nagasaki, 1992) και χωρικής ποικιλομορφίας (Sekiya et al, 1997) και απαίτησης προσοχής (Kurosawa, 1994). Αυτό δείχνει πως οι αποκλίσεις από το φυσιολογικό του λόγου της ελεύθερης βάδισης μπορεί να αποκαλύπτουν μη φυσιολογικά πατέντα βάδισης.

Ο λόγος, όμως, της βάδισης δεν είναι ο μόνος που χρησιμοποιείται. Εκτός αυτού, οι μετρήσεις των χωρικών και χρονικών παραμέτρων των βημάτων λαμβάνονται συχνά με πολλούς διαφορετικούς τρόπους για να προσδιοριστούν αποκλίσεις βηματισμού, να γίνεται διάγνωση, να καθορίζεται η κατάλληλη θεραπεία και να ελέγχεται η πρόοδος των ατόμων. Αν και η οπτική παρατήρηση είναι η πιο κοινή μέθοδος για τον εντοπισμό διαταραχών βηματισμού, έχει φτωχή αξιοπιστία (Eastlack et al, 1991) όπως και φτωχά κριτήρια για την κινηματική ανάλυση (Saleh και Murdoch, 1985). Οι χρονικές μετρήσεις της βάδισης με τη χρήση χρονομέτρου έχουν μέτρια αξιοπιστία (Youndas & Atwood, 2000) και ακόμα περιορίζουν τη συλλογή δεδομένων των μέσων τιμών της ταχύτητας βηματισμού, του μήκους βήματος και της συχνότητας. Η μέτρηση των βημάτων με τη χρήση κιμωλίας (Selby-Silverstein & Besser, 1999) ή μελάνης (Gaudet et al, 2003) έχει το

πλεονέκτημα της συλλογής στοιχείων όσον αφορά το μήκος βημάτων και το πλάτος βημάτων, όμως είναι χρονοβόρα και δύσκολη στη χρήση.

Η βιντεοανάλυση των χρονικών παραμέτρων (διάρκεια στήριξης, αιώρησης, διπλής στήριξης) είναι άλλη μια μέθοδος που χρησιμοποιείται ευρέως. Η ακρίβειά της συχνά αμφισβητείται λόγω της συχνά χαμηλής ψηφιοποίησης 20 ms του τηλεοπτικού συστήματος. Επιπλέον είναι μερικές φορές δύσκολο να καθοριστούν τα καρέ της επαφής της πτέρνας και της απογείωσης των δακτύλων (Stolze et al, 1998). Από την άλλη μεριά, ένα πλεονέκτημα της βιντεοσκοπήσης είναι ο διακριτικός χαρακτήρας που έχει με τη ελάχιστη έκθεση του ασθενή. Σε ένα κατάλληλα επιλεγμένο περιβάλλον, η διαδικασία δεν θυμίζει ιατρική εξέταση που θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την ψυχολογική κατάσταση του ασθενή και έτσι την πορεία της βάδισης. Η βιντεοσκοπήση δεν είναι χρονοβόρα, εντούτοις, χρειάζεται ειδικό εξοπλισμό (πχ. συσκευές ρύθμισης, σύστημα για το συγχρονισμό των μηχανών κλπ.) και ακριβή τήρηση των κανόνων και η σχετικά μακροχρόνια επεξεργασία των βιντεοσκοπήσεων είναι κάπως ασύμφορη. Συστήματα που επιτρέπουν αυτόματη αξιολόγηση των καταχωρημένων διαστημάτων είναι ήδη σε χρήση. Χρησιμοποιούν τα χαρακτηριστικά σημεία στην επιφάνεια του σώματος με τη βοήθεια μικρών διόδων εκπέμποντας υπέρυθρο φως (Januga, 1997).

Οι κλινικοί έχουν χρησιμοποιήσει τελευταία και άλλα εμπορικά διαθέσιμα εργαλεία μέτρησης βηματισμού για να εκτιμήσουν τις χωρικές και χρονικές παραμέτρους της βάδισης. Το σύστημα GAIT-Rite, για παράδειγμα, είναι ένας φορητός τάπητας βάδισης που έχει ενσωματωμένους αισθητήρες πίεσης. Η βάδιση των εξεταζόμενων στον τάπητα γίνεται χωρίς την επιβάρυνση των καλωδίων ή των δεικτών και τα στοιχεία λαμβάνονται γρήγορα και εύκολα για κάθε βήμα μέσα σε ολόκληρη δοκιμασία βηματισμού. Οι μεταβλητές που μπορούν να μετρηθούν είναι η ταχύτητα βάδισης, η συχνότητα, το μήκος βήματος, η διάρκεια μονής και διπλής στήριξης και το πλάτος διασκελισμού για μεμονωμένα βήματα αλλά και για ακολουθία βημάτων. Είναι μια μέθοδος που θεωρείται έγκυρη και αξιόπιστη για την μέτρηση των επιλεγμένων χωρικών και χρονικών παραμέτρων. Δεν παύει, όμως να έχει και αυτό κάποιο οικονομικό κόστος (Bilney, Morris & Webster, 2003).

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη μέθοδος μέτρησης. Επιπλέον, τίθεται και το ζήτημα της ομαλοποίησης. Το ύψος, το μήκος των ποδιών, το βάρος, η ταχύτητα ή ακόμα και η επιτάχυνση είναι μερικά από τα στοιχεία που ομαλοποιούνται προκειμένου να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ των



εξεταζόμενων (Grownep et al, 1997). Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της ηλεκτρονικής καταγραφής της ταχύτητας με τη βοήθεια φωτοκύτταρων και της βιντεοανάλυσης για την καταγραφή των υπολοίπων παραμέτρων, όπως εξηγείται στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας.

Επαναληπτικότητα της ταχύτητας και της συχνότητας βάδισης

Κατά την ανάλυση του βαδίσματος, όλες οι παράμετροι βάδισης, μεταξύ αυτών και οι χώρο-χρονικές, καταγράφονται στη διάρκεια ενός κύκλου βάδισης ανά προσπάθεια βάδισης που εκτελείται στην ταχύτητα επιλογής του ατόμου (φυσική ταχύτητα βάδισης), βασιζόμενοι στην υπόθεση ότι τα στοιχεία από μια ενιαία αξιολόγηση είναι αρκετά αντιπροσωπευτικά να χαρακτηρίσουν την απόδοση βηματισμού ενός ατόμου. Αυτή η υπόθεση πρέπει να αποδειχθεί με την αξιολόγηση της επανάληψης των βασικών μεταβλητών βηματισμού σε μια σύγκριση δοκιμής-επανελέγχου, δεδομένου ότι τα πατέντα βάδισης μπορεί να ποικίλουν μεταξύ των ημερών.

Μερικές προηγούμενες μελέτες έχουν αξιολογήσει την αξιοπιστία επανελέγχου των παραμέτρων βηματισμού στους ενήλικους, η οποία βρέθηκε να είναι υψηλή για τις περισσότερες από τις ερευνημένες παραμέτρους (Winter, 1984; Boonstra, Fidler & Eismal, 1993). Σε σχετικές μελέτες όμως έχει διαπιστωθεί ότι τα νεότερα άτομα επιδεικνύουν λιγότερο στερεότυπα κινηματικά πρότυπα κατά την επανάληψη των κινήσεων (Kuhltz-Buschbeck, Boczek-Funcke, Heinrichs, Illert & Stolze, 1996) και μπορεί να αποσπαστούν ευκολότερα κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας από ότι οι ενήλικες. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε χαμηλότερη επαναληπτικότητα των χώρο-χρονικών μετρήσεων βάδισης σε παιδιά (Stolze, Kuhltz-Buschbeck, Mondwurf, Johnk & Friege, 1998).

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των δεδομένων, συνήθως εκτελούνται περισσότερες από μια προσπάθειες (Kadaba et al, 1989). Ο αριθμός των προσπαθειών που απαιτούνται να εκτελεστούν εξαρτάται από την επαναληπτικότητα της αξιολογούμενης παραμέτρου του βαδίσματος. Είναι ευνόητο πως η επαναληπτικότητα μιας παραμέτρου έχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση με την μεταβλητότητα της συγκεκριμένης παραμέτρου. Όσο μεγαλύτερη η επαναληπτικότητα τόσο μικρότερο είναι το εύρος των τιμών της παραμέτρου μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών.

Ο Kadaba και οι συνεργάτες του εξέτασαν σαράντα υγιείς ενηλίκους σε τρεις διαφορετικές ημέρες δοκιμής, τρεις φορές κάθε ημέρα δοκιμής, ενώ για κάθε δοκιμή μόνο ένας κύκλος βάδισης αξιολογήθηκε. Η επαναληπτικότητα κατά την ίδια μέρα και κατά τις διαφορετικές μέρες δοκιμών εκτιμήθηκε άριστη για τα χωροχρονικά στοιχεία και τις κινηματικές παραμέτρους που μετρήθηκαν στο οβελιαίο επίπεδο. Ο ρυθμός και το μήκος βήματος κρατήθηκε λιγότερο μεταβλητό από την ταχύτητα, η οποία είναι το προϊόν και των δύο (Kadaba et al, 1989).

Σε έρευνα που έγινε, όμως σε παιδιά, οι χρονικές παράμετροι ήταν λιγότερο σταθερές. Γενικά η μεταβλητότητα των παραμέτρων μεταξύ των δοκιμασιών ήταν υψηλότερη στα παιδιά απ' ό τι στους ενηλίκους. Άρα, η αξιοπιστία επανελέγχου για τη μέτρηση των χωρικών παραμέτρων βηματισμού μπορεί να κριθεί μεν υψηλή για τους ενήλικες, για την ανάλυση της βάδισης στα παιδιά, όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι παράμετροι βηματισμού είναι περισσότερο μεταβαλλόμενες από δοκιμή σε δοκιμή απ' ό τι στους ενηλίκους (Stolze et al, 1998).

Η μελέτη της επαναληπτικότητας των παραμέτρων της βάδισης στα παιδιά δεν απασχολεί τους μελετητές μόνο για τον καθορισμό της αξιοπιστίας των μετρήσεων σε υγιή παιδιά, αλλά και σε παιδιά με κινητικές διαταραχές. Τα φυσιολογικά τα παιδιά είχαν χαμηλότερη μεταβλητότητα στις παραμέτρους απόστασης από τα σπαστικά παιδιά και την ίδια μέρα της δοκιμασίας αλλά και κατά την διάρκεια όλων των δοκιμασιών. Η επανάληψη των κινητικών παραμέτρων ήταν καλύτερη από των κινηματικών, και οι τιμές για τα κανονικά παιδιά ήταν καλύτερες από εκείνες για τα σπαστικά παιδιά (Steinwender et al, 2000).



Ανακεφαλαιώνοντας, πριν από οποιαδήποτε εφαρμογή της ανάλυσης του βαδίσματος για τη μελέτη των χώρο-χρονικών παραμέτρων του βαδίσματος σε παιδιά με κινητικές διαταραχές, θα πρέπει να δημιουργηθούν φυσιολογικές βάσεις χώρο-χρονικών δεδομένων από παιδιά χωρίς κινητικά προβλήματα στα κάτω άκρα. Επιπλέον, θα πρέπει να προσδιοριστεί η επαναληπτικότητα των εξεταζόμενων παραμέτρων, η οποία θα καθορίσει το εύρος των φυσιολογικών τιμών για την κάθε παράμετρο, αλλά και τον αριθμό των προσπαθειών που απαιτούνται να εκτελούνται προκειμένου να συλλέγονται αξιόπιστα δεδομένα κατά την ανάλυση του βαδίσματος.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 120 παιδιά, 60 αγόρια και 60 κορίτσια, ηλικίας 6 έως 12 ετών, μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Υπουργείο Παιδείας ενέκριναν την πρόσβαση σε 20 δημοτικά σχολεία της Κομοτηνής και σε 30 δημοτικά σχολεία της Αττικής, για τη διεκπεραίωση της έρευνας. Για πρακτικούς λόγους, επελέγησαν τυχαία 2 δύο δημόσια Δημοτικά σχολεία της Αττικής (βλ. Παράρτημα 1). Η αναλογία των μαθητών από κάθε σχολείο ήταν 50%-50% (εξήντα παιδιά από κάθε σχολείο). Ειδικότερα, από την κάθε τάξη του κάθε σχολείου προέρχονταν 10 παιδιά (5 αγόρια και 5 κορίτσια), τα οποία επελέγησαν τυχαία, με κλήρωση που πραγματοποιήθηκε από τους δασκάλους τους.

Πριν από τη μέτρηση κάθε μαθητή, γινόταν έλεγχος για πιθανές ανωμαλίες στη βάδιση. Τα παιδιά έπρεπε να βαδίζουν φυσιολογικά και να μην έχουν προβλήματα κινητικά. Η βάδιση οριζόταν φυσιολογική, όταν χαρακτηριζόταν από κανονικούς και συμμετρικούς κύκλους βημάτων χωρίς σχετικές αποκλίσεις και δυσκολίες σε ελιγμούς, όπως παραδείγματος χάριν στο σταμάτημα, τη στροφή μετά από εντολή, το άλμα στο ένα και στα δύο πόδια και στην οπίσθια βάδιση. Έτσι, από την έρευνα αποκλείστηκαν 6 παιδιά που παρουσίασαν είτε διαταραχές στη βάδιση, είτε ανέφεραν πως είχαν πλατυποδία, είτε πρόσφατους τραυματισμούς στα κάτω άκρα. Τα παιδιά αυτά μετρήθηκαν κανονικά, αλλά δεν συμπεριλήφθηκαν στην έρευνα. Για αυτό και μετρήθηκαν άλλοι 6 μαθητές χωρίς προβλήματα, για να συμπληρωθεί ο αριθμός των 120 ατόμων.

Όργανα μέτρησης

Για τους σκοπούς της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα όργανα μέτρησης:

1. Ένα σύστημα χρονομέτρησης, αποτελούμενο από ηλεκτρονικό χρονόμετρο και δύο ζεύγη φωτοκυττάρων-ανακλαστήρων, τοποθετημένα σε τρίτοδες. (Εικόνα 1,2)

Το ύψος των τριπόδων προσαρμοζόταν ανάλογα με το ύψος των παιδιών, έχοντας ως οδηγό το ύψος του ώμου του κάθε παιδιού.



Εικόνα 1: Ηλεκτρονικό χρονόμετρο



Εικόνα 2: Φωτοκυττάρα-ανακλαστήρες, τοποθετημένα σε τρίποδες

2. Μία ψηφιακή βιντεοκάμερα Sony CCDTR 412E, με ψηφιακό ZOOM 200x και ταχύτητα λήψης 25 εικόνες/sec. Για τη σταθεροποίηση της βιντεοκάμερας σε μόνιμη θέση χρησιμοποιήθηκε τρίποδος μηχανισμός, με το ύψος του ρυθμισμένο στα 70 εκατοστά. (Εικόνα 3)



Εικόνα 3: Βιντεοκάμερα λήψης 25 εικόνων/ sec.

3. Ένα βίντεο Sony VS-R100EM με δυνατότητα υπολογισμού των καρτέ που διαρκεί η κάθε φάση και τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας Sony Trinitron KV-14M1D για την αναπαραγωγή των εικόνων του βαδίσματος.

Διαδικασία μέτρησης

Πριν από την έναρξη κάθε δοκιμασίας και αφού τα παιδιά είχαν ελεγχθεί για τυχόν διαταραχές, συμπληρώνονταν τα στοιχεία των εξεταζόμενων μαθητών. Σε αυτά εκτός από το έτος γεννήσεως και την τάξη φοίτησης, συμπεριλαμβάνονταν και το ύψος, το βάρος και το μήκος του κάθε ποδιού. Για τη μέτρηση του ύψους χρησιμοποιήθηκε μια μεζούρα 2 μέτρων που τοποθετήθηκε στον τοίχο, ενώ μια άλλη μεζούρα χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του μήκους των ποδιών. Το μήκος των ποδιών ορίστηκε ως η απόσταση από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα της λεκάνης έως το έξω σφυρό της κνήμης, με το γόνατο σε έκταση. Για τη μέτρηση του βάρους χρησιμοποιήθηκε μια απλή ζυγαριά.

Τα δύο φωτοκύτταρα είχαν τοποθετηθεί σε απόσταση 5 μέτρων το ένα από το άλλο, ενώ κάθε φωτοκύτταρο τοποθετήθηκε σε απόσταση 2 μέτρων από τον αντίστοιχο ανακλαστήρα του. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης, οι μαθητές καλούνταν να περπατήσουν, με ελεύθερη ταχύτητα, μία απόσταση περίπου 13 μέτρα, μέσα στην οποία συμπεριλαμβάνονταν και τα πέντε μέτρα που ορίζονταν από τα φωτοκύτταρα. Τα παιδιά ξεκινούσαν να βαδίζουν 1 μέτρο πριν από το πρώτο φωτοκύτταρο, περνούσαν μέσα από τον διάδρομο που σχημάτιζαν αυτά, και στη συνέχεια επέστρεφαν στην αρχική τους θέση περνώντας πίσω από τα φωτοκύτταρα και βαδίζοντας με τον ίδιο ρυθμό (διέγραφαν δηλαδή έναν κύκλο). Φτάνοντας στο αρχικό σημείο συνέχιζαν να βαδίζουν, όπως και πριν, μέσα από το διάδρομο που όριζαν τα φωτοκύτταρα. Έτσι, κάθε παιδί διέγραφε αυτόν τον κύκλο 16 φορές και από αυτές καταγράφηκαν οι 10 (από την 4^η μέχρι την 13^η) για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας (βλ. Παράρτημα 2).

Ο χρόνος που χρειάστηκε το κάθε παιδί για να διανύσει την ενδιάμεση απόσταση των 5m καταγραφόταν από το χρονόμετρο, επειδή η ταχύτητα βάδισης πρέπει να μετράτε στη ρυθμική φάση του βαδίσματος- τρία έως πέντε βήματα μετά την έναρξη της βάδισης. (Εικόνα 4).



Εικόνα 4: Καταγραφή χρόνου για 5m απόσταση

Παράλληλα, η βιντεοκάμερα τοποθετήθηκε με τον οπτικό της άξονα κάθετα στο διάδρομο βάδισης και κατέγραφε το βάδισμα των παιδιών στην εντός των φωτοκυττάρων περιοχή.

Ο χρόνος που απαιτούνταν για την εκτέλεση των βημάτων υπολογίστηκε από την παρατήρηση των εικόνων που αναπαράγονταν μέσω του βίντεο στην τηλεόραση. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα καρέ που χρειάζονταν για να πραγματοποιηθεί η κάθε φάση υπολογίστηκε για κάθε μία από τις 10 επαναλήψεις (βλ. Παράρτημα 3):

- α) ο χρόνος στήριξης του δεξιού ποδιού
- β) ο χρόνος αιώρησης του δεξιού ποδιού
- γ) ο χρόνος διασκελισμού του δεξιού ποδιού
- δ) ο χρόνος στήριξης του αριστερού ποδιού
- ε) ο χρόνος αιώρησης του αριστερού ποδιού
- στ) ο χρόνος διασκελισμού του αριστερού ποδιού και
- ζ) ο χρόνος εκτέλεσης 5 βημάτων.

Το πηλίκο του αριθμού των βημάτων προς τον αντίστοιχο χρόνο ήταν η συχνότητα βαδίσματος (βλ. Παράρτημα 4).

Σχεδιασμός της έρευνας

Για τον προσδιορισμό της επαναληπτικότητας της ταχύτητας και της συχνότητας βάρδισης υπολογίστηκε ο συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation – CV) και ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (intraclass correlation coefficient – ICC) της κάθε παραμέτρου, μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών. Επίσης προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση του φύλλου, της ηλικίας, του βάρους και του ύψους των εξεταζομένων στην ταχύτητα και στην συχνότητα του βαδίσματος εφαρμόστηκαν πολυμεταβλητές αναλύσεις διακύμανσης για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, με παράγοντα επανάληψης τις διαφορετικές προσπάθειες και ανεξάρτητους παράγοντες, το φύλλο, την ηλικία, το ύψος και το βάρος των εξεταζομένων.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αρχικά ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής όλων των μεταβλητών μέσω του τεστ Κομογορον-Smirnov ($p < .05$). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι όλες οι μεταβλητές ακολουθούσαν την κανονική κατανομή.

Μελέτη των επιδράσεων των παραγόντων «τάξη» και «φύλο»

Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των βασικών χρονικών παραμέτρων της βάρδιας, μαζί με την ταχύτητα και τη συχνότητα βάρδιας των παιδιών στις διάφορες τάξεις του δημοτικού σχολείου και σε σχέση με το φύλο των παιδιών.

Από την εφαρμογή της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «τάξη» στο συνολικό χρόνο του διασκελισμού, τόσο για το δεξιό ($F_{5,108}=6,731$, $p < .001$) όσο και για το αριστερό ($F_{5,108}=8,449$, $p < .001$) κάτω άκρο. Αναλυτικότερα, τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni έδειξαν και για τα δύο κάτω άκρα, ότι οι χρόνοι διασκελισμού στα παιδιά της έκτης τάξης ήταν σημαντικά μεγαλύτεροι από τα παιδιά των τριών πρώτων τάξεων και στα παιδιά της πέμπτης τάξης ήταν σημαντικά μεγαλύτεροι από τα παιδιά της πρώτης τάξης (Πίνακας 1). Αντίθετα, δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «φύλο» στη χρονική διάρκεια του δεξιού ($F_{1,108}=0,220$, $p > .05$) και του αριστερού ($F_{1,108}=0,632$, $p > .05$). Παρομοίως δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των δύο παραπάνω παραγόντων.

Όσον αφορά στη διάρκεια στήριξης, στη διάρκεια της αιώρησης και στο λόγο της αιώρησης προς τη στήριξη, από τα αποτελέσματα των αντίστοιχων πολυμεταβλητών αναλύσεων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις του παράγοντα «τάξη», του παράγοντα «φύλο» ή αλληλεπίδραση των δύο παραγόντων, σε κανένα από τα δύο κάτω άκρα.

Επίσης, για την ταχύτητα βάρδιας δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τάξεων του δημοτικού σχολείου ($F_{5,108}=2,254$,

$p>.05$) ούτε μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ($F_{1,108}=2,339$, $p>.05$). Επίσης δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «τάξη» και «φύλο» στην ταχύτητα βάδισης ($F_{5,108}=1,329$, $p>.05$)

Αντίθετα για τη συχνότητα βάδισης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τάξεων ($F_{5,108}=8,435$, $p<.001$). Αναλυτικότερα το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni έδειξε ότι η συχνότητα βάδισης στα παιδιά της έκτης τάξης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τα παιδιά των τριών πρώτων τάξεων και στα παιδιά της πέμπτης τάξης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη από τα παιδιά της πρώτης τάξης (Πίνακας 1). Αντίθετα, δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα φύλο στη συχνότητα βάδισης ($F_{1,108}=0,505$, $p>.05$), ούτε σημαντική αλληλεπίδραση των παραπάνω παραγόντων ($F_{5,108}=0,931$, $p>.05$).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι (Τ.Α.) των παραμέτρων της βάδισης, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των παιδιών, στις τάξεις του δημοτικού σχολείου

Παράμετρος	Άκρο	Α΄	Β΄	Γ΄	Δ΄	Ε΄	ΣΤ΄	ΣΥΝΟΛΟ
Διάρκεια διασκελισμού (sec)	Δ	0,92 (,08)	0,97 (,07)	0,96 (,06)	0,99 (,10)	1,04 (,08)	1,06 (,08)	0,99 (,09)
	Α	0,89 (,09)	0,94 (,07)	0,92 (,05)	0,98 (,09)	1,00 (,07)	1,02 (,07)	0,96 (,09)
Διάρκεια στήριξης (% κύκλου)	Δ	68,15 (1,61)	68,29 (1,79)	68,55 (1,17)	66,57 (3,28)	67,30 (1,42)	67,10 (1,23)	67,66 (1,98)
	Α	66,33 (1,42)	67,10 (2,27)	67,77 (1,26)	66,46 (1,05)	66,79 (1,49)	65,78 (2,75)	66,71 (1,88)
Διάρκεια αιώρησης (% κύκλου)	Δ	31,82 (1,58)	31,70 (1,79)	31,44 (1,17)	33,40 (3,29)	32,69 (1,42)	32,56 (1,33)	32,27 (1,98)
	Α	33,66 (1,42)	32,89 (2,27)	32,50 (1,66)	33,55 (1,07)	33,20 (1,49)	34,23 (2,75)	33,34 (1,91)
Λόγος αιώρησης/στήριξης	Δ	0,46 (,03)	0,46 (,03)	0,46 (,025)	0,50 (,09)	0,48 (,03)	0,48 (,02)	0,47 (,04)
	Α	0,50 (,03)	0,49 (,05)	0,48 (,03)	0,50 (,02)	0,49 (,03)	0,52 (,07)	0,50 (,04)
Ταχύτητα βάδισης (m/sec)		1,23 (,17)	1,13 (,12)	1,25 (,12)	1,17 (,15)	1,21 (,12)	1,22 (,11)	1,20 (,14)
Συχνότητα βάδισης (βήματα/min)		133,5 (13,01)	125,70 (9,16)	127,8 (8,17)	120,9 (10,62)	118,83 (9,04)	115,89 (8,87)	123,74 (11,40)

Πίνακας 2. Μέσοι όροι (T.A.) των παραμέτρων της βάρδιας, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των αγοριών και των κοριτσιών

Παράμετρος	Άκρο	Αγόρια	Κορίτσια
Διάρκεια διασκελισμού (sec)	Δ	0,99 (,08)	0,99 (,10)
	Α	0,95 (,08)	0,96 (,09)
Διάρκεια στήριξης (% κύκλου)	Δ	67,90 (1,50)	67,42 (2,36)
	Α	66,62 (2,21)	66,79 (1,49)
Διάρκεια αιώρησης (% κύκλου)	Δ	31,97 (1,48)	32,56 (2,35)
	Α	33,37 (2,21)	33,31 (1,57)
Λόγος αιώρησης/στήριξης	Δ	0,47 (,03)	0,48 (,06)
	Α	0,50 (,05)	0,50 (,03)
Ταχύτητα βάρδιας (m/sec)		1,22 (,13)	1,18 (,14)
Συχνότητα βάρδιας (βήμ./min)		124,4 (10,77)	123,1 (12,06)

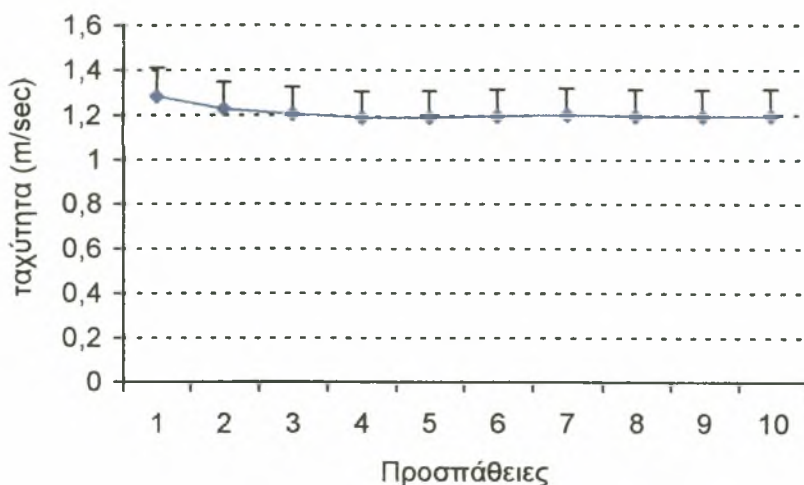
Συντελεστές μεταβλητότητας των τιμών των παραμέτρων της βάρδιας

Σε ένα δεύτερο στάδιο προσδιορισμού της επαναληπτικότητας υπολογίστηκε ο συντελεστής μεταβλητότητας (coefficient of variation – CV) μέσω της εξίσωσης (Winter, 1991):

$$CV = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}}{\bar{X}} \times 100\%$$

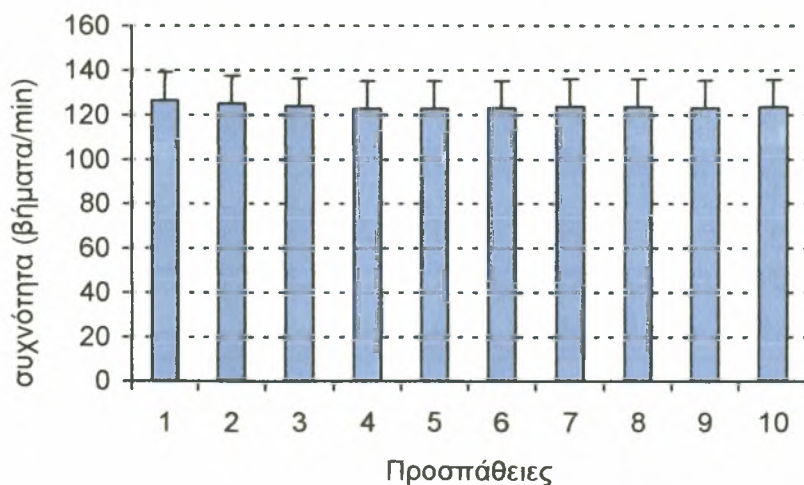
όπου, N : ο αριθμός των προσπαθειών, X_n : η τιμή της παραμέτρου στην κάθε προσπάθεια και \bar{X} : ο μέσος όρος των τιμών της παραμέτρων στο σύνολο των N προσπαθειών.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές της ταχύτητας βάδισης των παιδιών σε κάθε προσπάθεια. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι ο μέσος συντελεστής μεταβλητότητας της ταχύτητας βάδισης ήταν 5,12% με τυπική απόκλιση 2,06%.



Σχήμα 1. Μέσοι όροι της ταχύτητας βάδισης των παιδιών σε κάθε προσπάθεια

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι της συχνότητας βάδισης των παιδιών. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι ο μέσος όρος των συντελεστών μεταβλητότητας της συχνότητας βάδισης ήταν 2,86% και η τυπική απόκλιση τους 1.08%.



Σχήμα 2. Μέσοι όροι της συχνότητας βάδισης των παιδιών σε κάθε προσπάθεια

Στον Πίνακα 3, παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των χρονικών παραμέτρων της βάρδισης και των συντελεστών μεταβλητότητας τους. Όπως φαίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3, οι τιμές των συντελεστών μεταβλητότητας είναι αρκετά κάτω από το 10%, που θεωρείται ως το ανώτερο όριο του συντελεστή μεταβλητότητας για να τεκμηριώνεται η επαναληπτικότητα μιας παραμέτρου.

Πίνακας 3. Μέσοι όροι (Τ.Α.) των παραμέτρων της βάρδισης, για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο και των συντελεστών μεταβλητότητας τους (CV%)

Προσπάθεια	Διάρκεια διασκελισμού		Διάρκεια στήριξης		Διάρκεια αιώρησης		Λόγος αιώρησης /στήριξης	
	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α	Δ	Α
1	0,97 (,1)	0,94 (,1)	67,2 (2,5)	66,2 (2,5)	32,7 (2,5)	34,1 (2,7)	0,48 (,1)	0,51 (,1)
2	0,98 (,1)	0,95 (,1)	67,3 (3,0)	66,2 (2,9)	32,5 (3,0)	33,8 (2,9)	0,48 (,1)	0,51 (,1)
3	0,99 (,1)	0,96 (,1)	67,6 (2,5)	66,4 (2,7)	32,2 (2,6)	33,4 (2,7)	0,47 (,1)	0,50 (,1)
4	1,0 (,1)	0,96 (,1)	67,8 (2,8)	66,6 (2,3)	32,0 (2,8)	33,3 (2,3)	0,47 (,1)	0,50 (,1)
5	1,0 (,1)	0,97 (,1)	67,6 (2,7)	66,9 (2,8)	32,2 (2,8)	33,1 (2,8)	0,47 (,1)	0,49 (,1)
6	1,0 (,1)	0,97 (,1)	67,7 (2,7)	66,9 (2,5)	32,2 (2,7)	33,1 (2,5)	0,47 (,1)	0,49 (,1)
7	0,99 (,1)	0,96 (,1)	68,0 (2,7)	66,9 (2,7)	31,9 (2,7)	33,1 (2,7)	0,47 (,1)	0,49 (,1)
8	0,99 (,1)	0,96 (,1)	67,8 (2,7)	66,6 (2,4)	32,1 (2,7)	33,3 (2,4)	0,47 (,1)	0,50 (,1)
9	0,99 (,1)	0,96 (,1)	67,5 (2,5)	67,1 (2,7)	32,3 (2,4)	33,1 (2,6)	0,48 (,1)	0,49 (,1)
10	0,99 (,1)	0,96 (,1)	67,7 (2,5)	67,1 (2,7)	32,2 (2,5)	33,1 (2,8)	0,47 (,1)	0,49 (,1)
CV%	3,87 (1,3)	3,64 (1,3)	2,78 (0,8)	2,95 (0,9)	5,89 (1,8)	5,85 (1,7)	8,64 (2,5)	8,77 (2,5)

Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης των παραμέτρων της βάδισης

Ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης (intra-class correlation coefficient – ICC), μεταξύ των διαφορετικών δοκιμασιών βάδισης, υπολογίστηκε μέσω ενός μοντέλου ανάλυσης διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), σύμφωνα με την εξίσωση (Baumgartner, 1989):

$$ICC = \frac{MS_s - MS_t}{MS_s}$$

όπου, ICC : ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης μεταξύ ενός αριθμού N μετρήσεων, MS_s : το μέσο τετράγωνο μεταξύ των προσπαθειών, MS_t : το μέσο τετράγωνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ των προσπαθειών και των εξεταζομένων.

Επιπλέον, υπολογίστηκε ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για μια μεμονωμένη προσπάθεια βάδισης (ICC^1), επίσης μέσω ενός μοντέλου ανάλυσης διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA), σύμφωνα με την εξίσωση (Baumgartner, 1989):

$$ICC_1 = \frac{MS_s - MS_t}{MS_s + (N/K - 1) \cdot MS_t}$$

όπου, ICC^1 : ο συντελεστής εσωτερικής συσχέτισης για μία μεμονωμένη προσπάθεια, MS_s : το μέσο τετράγωνο μεταξύ των προσπαθειών, MS_t : το μέσο τετράγωνο της αλληλεπίδρασης μεταξύ προσπαθειών και εξεταζομένων, N : ο αριθμός των προσπαθειών που καταγράφηκαν και K : ο αριθμός των επιθυμητών προσπαθειών για τις οποίες εκτιμάται ο συντελεστής επαναληπτικότητας.

Επισημαίνεται ότι ως ελάχιστη αποδεκτή τιμή του συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης στη διεθνή βιβλιογραφία θεωρείται η τιμή 0,80. Στον Πίνακα 4, παρουσιάζονται οι συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των 10 δοκιμασιών που εκτέλεσαν τα παιδιά και για μια τυχαία επιλεγμένη προσπάθεια. Από τον Πίνακα 4 διαπιστώνεται ότι οι συντελεστές συσχέτισης των 10 δοκιμασιών βάδισης είναι αρκετά μεγαλύτεροι από 0,80 για το σύνολο των εξεταζόμενων παραμέτρων της βάδισης. Επιπλέον, η διάρκεια διασκελισμού, η

ταχύτητα και η συχνότητα βάδισης αποτελούν τις μόνες παραμέτρους οι οποίες επιδεικνύουν απόλυτα αποδεκτή τιμή συντελεστή εσωτερικής συσχέτισης για μια μεμονωμένη προσπάθεια. Αντίθετα, οι υπόλοιπες χρονικές παράμετροι της βάδισης δεν παρουσιάζουν αποδεκτές τιμές συντελεστών εσωτερικής συσχέτισης για μια τυχαία δοκιμασία. Ως εκ τούτου, για την καταγραφή των παραμέτρων αυτών θα πρέπει να εκτελούνται περισσότερες από μια δοκιμασίες βάδισης και να υπολογίζεται ο μέσος όρος της κάθε παραμέτρου σε αυτές τις δοκιμασίες.

Πίνακας 4. Συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης για το σύνολο των δοκιμασιών βάδισης (ICC_{10}) και για μια τυχαία προσπάθεια (ICC_1) για το δεξιό (Δ) και αριστερό (Α) κάτω άκρο των παιδιών

Παράμετρος	Άκρο	ICC_{10}	ICC_1
Διάρκεια διασκελισμού (sec)	Δ	,982	,846
	Α	,983	,856
Διάρκεια στήριξης (% κύκλου)	Δ	,903	,481
	Α	,883	,429
Διάρκεια αιώρησης (% κύκλου)	Δ	,901	,476
	Α	,885	,435
Λόγος αιώρησης/στήριξης	Δ	,919	,530
	Α	,893	,456
Ταχύτητα βάδισης (m/sec)		,979	,821
Συχνότητα βάδισης (βήματα/min)		,989	,898

Ποσοστιαία κατανομή των παραμέτρων της βάδισης

Μετά τη διαπίστωση της μεγάλης επαναληπτικότητας όλων των εξεταζόμενων παραμέτρων κατά την εκτέλεση 10 δοκιμασιών βάδισης, υπολογίστηκαν οι ποσοστιαίες θέσεις των παιδιών του δείγματος ως προς την ταχύτητα και τη συχνότητα βάδισης, με βάση το μέσο όρο του κάθε παιδιού στις 10 δοκιμασίες βάδισης. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Ποσοστιαίες θέσεις (Percentiles) των παιδιών του δείγματος ανάλογα με την ταχύτητα και τη συχνότητα βάρδισης τους

Ποσοστιαία θέση (%)	Ταχύτητα βάρδισης (m/sec)	Συχνότητα βάρδισης (βήματα/min)
5	1,000	105,17
10	1,024	108,72
15	1,073	112,19
20	1,092	113,27
25	1,110	116,31
30	1,129	119,24
35	1,136	120,29
40	1,170	122,19
45	1,190	122,66
50	1,210	123,29
55	1,224	123,91
60	1,235	125,15
65	1,245	127,11
70	1,278	128,79
75	1,301	131,05
80	1,320	133,36
85	1,345	135,44
90	1,392	137,44
95	1,469	142,78
100	1,587	159,23

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Βάδιση και ηλικία

Κανείς δεν αμφισβητεί πως ο ανθρώπινος βηματισμός είναι μια διαδικασία εκμάθησης και ωρίμανσης. Οι σχετικές με την βάδιση μελετητές αν και συγκλίνουν στην άποψη πως το φυσιολογικό, σταθερό, «ενήλικο» πρότυπο συμπεριφοράς βηματισμού καθιερώνεται μετά από την ηλικία των 11 ετών, δεν σταματούν να διερευνούν την ανάπτυξη του νευρομυϊκού ελέγχου στα παιδιά, μιας και ακόμα δεν υπάρχει μια απόλυτα σαφής εικόνα, με αποτέλεσμα το παράθυρο προς αυτήν την κατεύθυνση να παραμένει ανοιχτό. Άλλωστε, η κατανόηση των ηλικιακών αλλαγών στα πατέντα βάδισης είναι ουσιαστική για τη διάγνωση και τη θεραπεία του παθολογικού βηματισμού στα παιδιά και δυστυχώς, παρά την πληθώρα των ερευνών, δεν έχουν δοθεί ακόμα απόλυτες απαντήσεις.

Οι Tennant και Monsell αναφέρουν πως πέρα από την ηλικία των 5 ετών, η στάση των γονάτων διορθώνεται και, δεδομένου ότι τα πόδια μακραίνουν, αυξάνεται το μήκος βήματος, μειώνεται η συχνότητα βήματος και το παιδί υιοθετεί τον ενήλικο βηματισμό και στάση περίπου στην ηλικία των 8 ετών (Tennant & Monsell, 2004). Ακόμη, όπως έχει προαναφερθεί, οι Ganley και Powers βρήκαν μειωμένη μέγιστη ενεργοποίηση των πελματιαίων καμπτήρων και γενικότερα μικρότερη μέγιστη δύναμη που παράγεται στην ποδοκνημική κατά τη διάρκεια της τελικής στήριξης σε παιδιά επτά ετών, και υποστήριξαν την υπόθεση ότι τα παιδιά στερούνται νευρομυϊκής ωριμότητας, ειδικά στην ποδοκνημική, για να μπορούν να περπατήσουν όπως ένας ενήλικας (Ganley & Powers, 2005).

Σε έρευνα του Κυριαζή σε μια ομάδα 20 αρτιμελών παιδιών ηλικίας 9-10 ετών επίσης βρέθηκαν διαφορές ως προς τον ενήλικο βηματισμό. Πιο συγκεκριμένα για την παράμετρο της μονής στήριξης και της διάρκειας του διασκελισμού, βρέθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ποδιών κατά τη βάδιση με κανονική ταχύτητα, κάτι που αντισταθίζεται στο συμμετρικό σχέδιο βάδισης ενός φυσιολογικού ενήλικα, μια διαφορά, όμως, που φάνηκε να εξαφανίζεται στο γρήγορο βηματισμό (Kyriazis, 2002). Βέβαια, παρά τις διαφορές που

παρουσιάζονται ως προς τον ενήλικο βηματισμό, το μικρό δείγμα της έρευνας, καθώς και το στενό ηλικιακό εύρος, αλλά μας επιτρέπουν να έχουμε ενδείξεις για την έλλειψη πλήρους ωριμότητας στη βάδιση ακόμα και σε παιδιά 10 ετών.

Δεν έχει, επομένως, ξεκαθαρίσει απόλυτα το ηλικιακό εύρος κατά το οποίο τα παιδιά υιοθετούν τον ενήλικο βηματισμό. Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκαν παιδιά ηλικίας 6-12 ετών και διαπιστώθηκε πως οι μαθητές της ΣΤ τάξης είχαν μεγαλύτερο χρόνο διασκελισμού και μεγαλύτερη συχνότητα βηματισμού από τα παιδιά της Α, Β και Γ τάξης. Ομοίως, οι μαθητές της Ε τάξης είχαν μεγαλύτερο χρόνο διασκελισμού και μεγαλύτερη συχνότητα βηματισμού από τους μαθητές της Α τάξης. Φαίνεται, λοιπόν, πως ακόμη και σε αυτό το ηλικιακό εύρος μπορεί να υπάρχουν διαφορές σε κάποιες χώρο-χρονικές παραμέτρους της βάδισης που οφείλονται στην ηλικία. Θα μπορούσαμε, επομένως, να συμπεράνουμε πως ο ενήλικος βηματισμός εδραιώνεται από την ηλικία των εννιά ετών, μιας και δεν παρατηρούνται διαφορές από την Τετάρτη τάξη και μετά. Η ηλικία, όμως, και συνεπώς η ωρίμανση δεν είναι τα μόνα στοιχεία που μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα. Ανάλογα με το ποιες παραμέτρους μελετά ο κάθε ερευνητής, έχει κατά καιρούς γίνει λόγος για διαφόρους παράγοντες.

Οι Chester, Tingley & Biden, σε πρόσφατη έρευνα με σκοπό να καθοριστεί αν η κινητική και η κινηματική διαφέρουν μεταξύ των παιδιών των διάφορων ηλικιών, κατέδειξαν ότι η βάδιση κάθε ηλικιακής ομάδας ήταν πολύ παρόμοια, αλλά παρατηρήθηκαν και μερικές ηλικιακές διαφορές στις χώρο-χρονικές και κινητικές παραμέτρους. Αναφέρουν, μάλιστα, πως οι ηλικιακές διαφορές στα κινητικά στοιχεία δεν μπορούν να εξηγηθούν πλήρως από τις ανθρωπομετρικές αναλογίες, αλλά από τις διαφορές στην ταχύτητα βάδισης, παρόλο που οι δύο μεγαλύτερες ομάδες παιδιών (7-8 ετών, 9-13 ετών) επίσης παρουσίασαν σημαντικές κινητικές διαφορές παρά τις ίδιες σχεδόν μέσες ταχύτητες περπατήματος (1.09 και 1.10 m/s, αντίστοιχα). Έτσι καταλήγουν στο συμπέρασμα πως με εξαίρεση την άρθρωση της ποδοκνημικής, τα παιδιά τείνουν να επιτύχουν ενήλικη βάδιση ως την ηλικία των 5 ετών που μπορεί να εμποδίζεται λόγω νευρομυϊκής ανωριμότητας, η οποία, σύμφωνα με αυτήν την έρευνα επιτυγχάνεται γύρω στα 9 έτη, κάτι που επισημαίνεται και από την δική μας έρευνα. Εντούτοις, θεωρούν πως οι ηλικιακές διαφορές στις χώρο-χρονικές παραμέτρους αναμένονταν λόγω των διαφορών στο μέγεθος και την αναλογία, και στις στρατηγικές βάδισης (Chester, Tingley & Biden, 2006).

Όπως, έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το ύψος του σώματος έχει καταδειχθεί ότι έχει επίδραση στο μήκος διασκελισμού (Inman, Ralston & Todd, 1981), ενώ το μήκος των άκρων επηρεάζει τη συχνότητα βήματος, το μήκος και την ταχύτητα (Wheelwright et al, 1993; Beck, Andriacchi, Kuo, Fermier & Galante, 1981). Υπάρχει, λοιπόν, η πεποίθηση πως η συχνότητα βάδισης, η ταχύτητα, και το μήκος βήματος δεν είναι απολύτως ώριμα αν δεν έχει ολοκληρωθεί η σκελετική ανάπτυξη. Για αυτό το λόγο και πολλοί ερευνητές έχουν εισάγει την «ομαλοποίηση» ως προς το ύψος ή ως προς το μήκος του ποδιού, προκειμένου να συγκριθούν πληροφορίες βάδισης μεταξύ ατόμων με διαφορές ύψους ή/και μάζας.

Ο Sutherland προτείνει πως πρέπει να γίνεται γεωμετρική ομαλοποίηση για παιδιά 4 ετών και πάνω, με σκοπό να αποφευχθούν οι αλλαγές στις χώρο-χρονικές παραμέτρους που επηρεάζονται από την ωρίμανση του κεντρικού συστήματος ελέγχου (Sutherland, 1997). Δικαιολογημένα, έχει υπάρξει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την «ομαλοποίηση» των στοιχείων βηματισμού. Φαίνεται, όμως, πως η «ομαλοποίηση» των στοιχείων βηματισμού εκτός του ότι επιτελείται με διάφορους τρόπους, εφαρμόζεται συχνά χωρίς μαθηματική αιτιολόγηση ή μια σταθερή δυναμική βάση (Stansfield, Hillman, Hazlewood, Lawson & Mann, 2003).

Παραδείγματος χάριν ο Ounpuu και οι συνεργάτες του (Ounpuu, Gage & Davis, 1991) χρησιμοποίησαν την ομαλοποίηση κατά την ανάλυση των αρθρώσεων σε παιδιά. Σε αυτό το παράδειγμα, η ομαλοποίηση βασίστηκε στις διαστάσεις. Αυτός ο τύπος ομαλοποίησης μπορεί να δικαιολογηθεί όταν όλοι οι εξεταζόμενοι έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος, αλλά το μέγεθος των παιδιών ποικίλλει και είναι πιθανό να υπάρχει μια σημαντική επίδραση στα αποτελέσματα.

Εάν οι εξεταζόμενοι έχουν πολύ διαφορετικές αναλογίες μήκους ποδιών και ύψους δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί μια απλή ομαλοποίηση για να εξαλείψει την επίδραση αυτής της διαφοράς. Πρέπει να γίνει αποδεκτό ότι θα υπάρξουν λάθη που συνδέονται με την επιλογή κάθε μεταβλητής. Για αυτό και έχει καταδειχτεί η επίδραση της χρησιμοποίησης διαφορετικών μεθόδων ομαλοποίησης κατά την ανάλυση αποτελεσμάτων βηματισμού παιδιών διαφορετικών μεγεθών. Έτσι, θεωρείται ότι για την εξέταση της ανάπτυξης των πατέρων βάδισης σε παιδιά ως προς την ηλικία, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια τεχνική μονοδιάστατης ομαλοποίησης (ND) για να εξασφαλιστεί η σύγκριση των παιδιών με το ίδιο πατέντο επιτάχυνσης.

Ο Stansfield και οι συνεργάτες του, για παράδειγμα, θεωρούν πως όταν η βάδιση ομαλοποιείται ως προς το ύψος καμία παράμετρος δεν ακολουθεί μια ευδιάκριτη τάση ως προς την ηλικία, στις ηλικίες 5 έως 12. Πιο συγκεκριμένα, βρήκαν ότι η μέση ομαλοποιημένη ταχύτητα των ηλικιακών ομάδων δεν ακολούθησε μια συνεπή τάση, η κινηματική των αρθρώσεων γενικά δεν κατέδειξε οποιαδήποτε καθορισμένη σχέση με την ηλικία, ενώ οι κάθετες δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους παρουσιάζουν ευδιάκριτες διαφορές μόνο με την αλλαγή στην ταχύτητα προώθησης. Αυτά τα παραδείγματα κινηματικής και κινητικής της βάδισης είναι χαρακτηριστικά στις περισσότερες παραμέτρους βηματισμού. Εντούτοις, καμία δεν ακολούθησε μια ευδιάκριτη τάση με την ηλικία. Συμπεραίνουν, λοιπόν, πως η ταχύτητα της κίνησης και όχι η ηλικία είναι αυτή που χαρακτηρίζει τη βάδιση των παιδιών 5-12 ετών. Για αυτό δεν κρίνουν σωστή την προσπάθεια χαρακτηρισμού της βάδισης σύμφωνα με την ηλικία σε αυτό το ηλικιακό εύρος (Stansfield et al, 1999).

Σε μεταγενέστερη μελέτη της ίδιας ομάδας ερευνητών, με τη χρήση των μονοδιάστατων μεταβλητών στην ανάλυση της βάδισης παιδιών 5-12 ετών βρέθηκε ότι με την ηλικία, σε οποιαδήποτε ταχύτητα, υπήρξαν μόνο μικρές διαφορές στο μήκος βήματος, στη συχνότητα και στη μέγιστη ώθηση της δύναμης αντίδρασης του εδάφους στη μέση στήριξη. Βέβαια, σκοπός της μελέτης ήταν η επίδραση της χρήσης διαφορετικών μεθόδων ομαλοποίησης κατά τη σύγκριση των αποτελεσμάτων ανάλυσης βηματισμού των παιδιών διαφορετικού μεγέθους. Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως για να εξεταστεί η ανάπτυξη των πατέντων βάδισης των παιδιών ηλικιακά, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια τεχνική ομαλοποίησης ND για να εξασφαλιστεί η σύγκριση των παιδιών με ίδια επιτάχυνση (Stansfield et al, 2003).

Από την άλλη μεριά ο Hausdorff και οι συνεργάτες του σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με την χρονική οργάνωση της βάδισης σε 50 υγιή παιδιά 3-14 ετών επέδειξαν σημαντικές διαφορές εξαρτώμενες από την ηλικία. Η μέτρηση της μεταβλητότητας των βημάτων ήταν σαφώς μεγαλύτερη στα παιδιά 3 και 4 ετών σε σχέση με αυτή στα παιδιά 6 και 7 ετών, και των παιδιών 6 και 7 ετών σε σχέση με των παιδιών 11 ως 14 ετών. Μάλιστα, οι επιδράσεις της ηλικίας παρέμεναν ακόμα και μετά από την προσαρμογή του ύψους, δηλαδή, ενώ η ρύθμιση για το ύψος ελαχιστοποίησε τα αποτελέσματα της ηλικίας στην ταχύτητα, οι επιδράσεις της ηλικίας και στο μέγεθος της μεταβλητότητας και στη δυναμική

παρέμειναν και μετά από τον έλεγχο του ύψους. Έκριναν, λοιπόν ότι αλλαγές που παρατηρούνται λόγω της ηλικίας στη χρονική οργάνωση της δυναμικής του διασκελισμού πιθανόν να μην αποδίδονται στην μείωση του ύψους, στην ταχύτητα βάδισης, στην αλλαγή στη συγκέντρωση κατά τη διάρκεια της βάδισης, ή σε αυξανόμενη μεταβλητότητα από βήμα σε βήμα (αστάθεια). Παραδείγματος χάριν, οι κλασματικοί δείκτες των παιδιών 3-4 ετών ήταν παρόμοιοι με αυτούς των 6-7 ετών, παρά τις σημαντικές διαφορές στη μεταβλητότητα του βήματος, την ταχύτητα και το ύψος. Οι σχετικές, όμως, με την ηλικία διαφορές στη δυναμική του διασκελισμού ήταν εμφανείς ακόμα και μετά την ελαχιστοποίηση των αλλαγών στην ταχύτητα ή στον μέσο χρόνο διασκελισμού. Επιπλέον, μια ηλικιακή επίδραση παρατηρήθηκε σε σχέση με την ισορροπία, κάτι που προέκυψε ανεξάρτητα από τη μεταβλητότητα διασκελισμού, και πολύ χαμηλές αλλαγές συχνότητας πιθανόν να συνδεθούν με την αλλαγή της ταχύτητας ή την απώλεια συγκέντρωσης (Hausdorff, Zeman, Peng & Goldberger, 1999). Έτσι, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δυναμική του ώριμου βήματος μπορεί να μην έχει αναπτυχθεί πλήρως ακόμα και σε υγιή παιδιά 7 ετών και πως διαφορετικά στοιχεία της δυναμικής του βήματος ωριμάζουν στις διάφορες ηλικίες (Hausdorff et al, 1999).

Οι Ganley και Powers τονίζουν ότι οι διαφορές που παρατηρούνται στις κινητικές μεταβλητές δεν μπορούν να εξηγηθούν από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά σε παιδιά επτά ετών, όπως και δεν μπορούν να εξηγηθούν από την ταχύτητα δεδομένου ότι και οι εξεταζόμενες ομάδες της έρευνάς τους περπάτησαν με την ίδια ταχύτητα (1.3 m/s). Για αυτό και υποστηρίζουν ότι οι ηλικιακές κινητικές διαφορές απεικονίζουν τη νευρομυϊκή ανωριμότητα στα παιδιά (Ganley & Powers, 2005). Μάλιστα, αυτά τα δεδομένα επιβεβαιώνουν και εκείνα των Cupp και των συνεργατών του ότι η χρήση των ανάλογων με την ηλικία ανθρωπομετρικών εκτιμήσεων μπορεί να μην είναι απαραίτητη για τις μελέτες βηματισμού που περιλαμβάνουν παιδιά 7 ετών (Cupp et al, 1999).

Βλέπουμε, πως τελικά δεν είναι σαφές αν η ομαλοποίηση του ύψους ή του μήκους των ποδιών είναι αρκετή για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Η επιτάχυνση είναι ακόμη ένας βασικός παράγοντας στο βηματισμό δεδομένου ότι καθορίζει τις δυνάμεις αδράνειας που, μαζί με τη δύναμη της βαρύτητας, καθορίζουν τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους και τις δυνάμεις και τις ροπές των αρθρώσεων. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η ομαλοποίηση για να επιτρέψει σε άτομα που έχουν τις ίδιες επιταχύνσεις να ομαδοποιηθούν για να επιτραπούν σημαντικές

συγκρίσεις. Μια τεχνική που επιτρέπει την ομαδοποίηση σε σχέση με την επιτάχυνση είναι αυτή που συνοψίζεται από τον Hof που περιέγραψε ένα σύνολο μονοδιάστατων μεταβλητών (ND) με βάση την αρχή της ομοιότητας της επιτάχυνσης. Δύο άτομα διαφορετικού ύψους και μάζας είναι δυνατόν να έχουν τα ίδια δυναμικά πατέντα κίνησης, με τις ίδιες αρθρικές γωνίες, δυνάμεις και στιγμές, εάν όλες οι μεταβλητές ND είναι ίδιες (Hof, 1996). Ακόμη, έχει καταδειχθεί πως και η ταχύτητα είναι ένας παράγοντας που μπορεί να χρειάζεται ομαλοποίηση. Έχει αποδειχθεί πως επιτυγχάνεται μεγαλύτερη επαναληπτικότητα και μικρότερη μεταβλητότητα όταν τα δεδομένα αντισταθμίζονται ως προς την ταχύτητα σε κάθε ηλικιακό εύρος (Shimada et al, 2006) ενώ θεωρείται πως η προέκταση και γενίκευση των δεδομένων σε εύρος μεγαλύτερο από αυτό που έχει μελετήσει η κάθε έρευνα δεν συστήνεται (Stansfield et al, 2006).

Ίσως αυτό που είναι αξιοσημείωτο σε όλα αυτά είναι το ότι όλες αυτές οι έρευνες δεν μετρούν πάντα μόνο χώρο-χρονικές παραμέτρους, οι μετρήσεις γίνονται με διαφορετικό τρόπο, σε διαφορετικά πολλές φορές ηλικιακά εύρη και με διαφορετική μέθοδο ομαλοποίησης. Μάλιστα, ο Schuyler και οι συνεργάτες του πιστεύουν πως από κλινικής πλευράς, κατά την κατανόηση του παθολογικού βηματισμού, οι πιο αξιοσημείωτες αλλαγές ως προς την ηλικία και την ταχύτητα εμφανίζονται μέσα στις χρονικές/χωρικές παραμέτρους, ενώ θεωρούν ότι το μήκος του βήματος και η συχνότητα πρέπει να ομαλοποιούνται ως προς την ηλικία και την ταχύτητα προκειμένου να παρέχονται ακριβέστερες συγκρίσεις των αφύσικων μεταβολών στην παθολογική βάδιση (Schuyler, Miller, Herzog, Castagno, Lennon, Richards, 2006). Τελικά τι από όλα πρέπει να ομαλοποιείται; Διαφαίνεται πόσο σημαντικό είναι να τυποποιηθούν οι διαδικασίες ομαλοποίησης, να καθοριστεί αν, τότε και πως πρέπει να γίνεται, προκειμένου οι φυσιολογικές βάσεις δεδομένων να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ομάδες ατόμων με ειδικές ανάγκες.

Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε πως μπορεί να υπάρχουν διαφορές σε κάποιες χώρο-χρονικές παραμέτρους της βάδισης που οφείλονται στην ηλικία, χωρίς να έχει γίνει κάποια ομαλοποίηση και χρησιμοποιώντας την ταχύτητα επιλογής των εξεταζόμενων. Αυτά τα στοιχεία πιθανόν να ερμηνεύουν τις διαφορές που βρέθηκαν ως προς την ηλικία, οι οποίες θα πρέπει να επαναλάβουμε ήταν σημαντικές μόνο ως προς τη συχνότητα και τον χρόνο διασκελισμού, και δεν εμφανίζονται από την ηλικία των 9 ετών και μετά, κάτι που συγκλίνει με τα

συμπεράσματα αρκετών από τις προαναφερθείσες έρευνες, πέρα από τις μεθοδολογικές διαφορές.

Βάδιση και φύλο

Οι μελέτες που στηρίζουν πως υπάρχουν διαφορές στις χώρο-χρονικές παραμέτρους μεταξύ ανδρών και γυναικών στηρίζονται κυρίως στη διαφορετικότητα των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, αν και οι Murray, Drought και Kory υποστηρίζουν την άποψη ότι οι άνδρες περπατούν διαφορετικά από τις γυναίκες ακόμη και παρόμοιου ύψους και βάρους (Murray, Drought & Kory, 1964). Άλλωστε, σε έρευνα που μελετούσε την μείωση της ταχύτητας με την γήρανση, βρέθηκε πως στις γυναίκες, το ποσοστό της διαφοράς για την πτώση στην ταχύτητα περπατήματος είναι 30%, και για την πτώση του μήκους διασκελισμού 400%. Εάν το βάρος του σώματος ληφθεί υπόψη, το ποσοστό της διαφοράς για την ταχύτητα περπατήματος είναι 37%, και για το μήκος διασκελισμού 59%. Ένας παρόμοιος υπολογισμός για τους άνδρες δίνει 34% για την πτώση στην ταχύτητα περπατήματος, και 42% για την πτώση στο μήκος διασκελισμού (Samson et al, 2001).

Επιπλέον, όταν οι βασικές παράμετροι εξετάστηκαν σε 233 υγιή άτομα- 116 άνδρες και 117 γυναίκες, 10 έως 79 ετών, βρέθηκαν να υπάρχουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις παραμέτρους μεταξύ των φύλων. Όσον αφορά στο μήκος του βήματος, υπήρχε σημαντική αλληλεπίδραση της ηλικίας και του φύλου στην κανονική και γρήγορη βάδιση (Oberg, Karsznia & Oberg, 1993). Αξίζει, όμως, να σημειωθεί πως τα δεδομένα αυτά έχουν ληφθεί μέσα σε εργαστήριο και δεν είναι γνωστό αν έχουν ισχύ έξω από αυτό.

Σε μελέτη των Greer, Hamill και Campbell, σε παιδιά ηλικίας τριών και τεσσάρων ετών, παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις τιμές γραμμικής και γωνιακής ταχύτητας που σχετίζονταν με τα κάτω άκρα. Η δύναμη αντίδρασης του εδάφους παρουσίασε επίσης διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας πέρα από μία περιεκτική περιγραφή των χαρακτηριστικών της βάδισης στα παιδιά, υποδηλώνουν και ότι υπάρχουν αποδεδειγμένες διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ηλικίας 3 και 4 ετών (Greer, Hamill & Campbell, 1989).

Δεν έχουν παρατηρηθεί, όμως διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στο ηλικιακό εύρος 6 έως 12. Έτσι και σε τούτη την έρευνα δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε καμία από τις εξεταζόμενες παραμέτρους. Αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί από τη μεγάλη διασπορά και τις μικρές διαφορές στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών σε αυτές τις ηλικίες.

Βάδιση και Επαναληπτικότητα

Σε δεύτερη φάση μελετήθηκε η επαναληπτικότητα των παραμέτρων βάδισης. Είναι ευνόητο πως η επαναληπτικότητα μιας παραμέτρου έχει αντιστρόφως ανάλογη σχέση με την μεταβλητότητα της συγκεκριμένης παραμέτρου. Όσο μεγαλύτερη η επαναληπτικότητα τόσο μικρότερο είναι το εύρος των τιμών της παραμέτρου μεταξύ των διαφορετικών προσπαθειών. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε μεγάλη επαναληπτικότητα όλων των εξεταζόμενων παραμέτρων κατά την εκτέλεση δέκα δοκιμασιών βάδισης.

Όπως, έχει ήδη αναφερθεί, μερικές προηγούμενες μελέτες έχουν αξιολογήσει την αξιοπιστία επανελέγχου των παραμέτρων βηματισμού στους ενήλικους, η οποία βρέθηκε να είναι υψηλή για τις περισσότερες από τις ερευνημένες παραμέτρους (Winter, 1984; Boonstra, Fidler & Eisma, 1993). Έτσι, μελέτη σε 15 υγιείς ενήλικες που μετρήθηκαν σε φυσική ταχύτητα περπατήματος δύο διαφορετικές ημέρες έδειξε υψηλή επαναληπτικότητα όλων των παραμέτρων (Boonstra, Fidler & Eisma, 1993), ενώ άλλη σε 40 υγιείς ενήλικους σε 3 διαφορετικές ημέρες, τρεις φορές για κάθε ημέρα δοκιμής, σε ένα μόνο κύκλο βάδισης για κάθε δοκιμή, η επαναληπτικότητα κατά την ίδια μέρα και κατά τις διαφορετικές μέρες δοκιμών εκτιμήθηκε άριστη για τα χώρο-χρονικά στοιχεία. (Kadaba et al, 1989).

Ακόμη, σε μια έρευνα των Sekiya και Nagasaki που μελετούσε την επαναληπτικότητα των πατέντων βάδισης σε νέους υγιείς ενήλικες, η αναλογία βάδισης δεν παρουσίασε μεταβολές στην επανάληψη των μετρήσεων που έγιναν είτε την ίδια ημέρα είτε μετά από τρεις μήνες, δείχνοντας ότι τα φυσιολογικά πατέντα βάδισης χαρακτηρίζονται από αμετάβλητους λόγους βάδισης και είναι σταθερά. Η μελέτη παρουσίασε επίσης αρκετά υψηλούς συσχετισμούς των λόγων της βάδισης μεταξύ των επαναλαμβανόμενων δοκιμών για όλες τις παραμέτρους, όχι όμως σε μετρήσεις σε ακραίες ταχύτητες περπατήματος. Δηλαδή, η δυνατότητα αναπαραγωγής του λόγου της βάδισης ήταν σχετική χαμηλή στις χαμηλότερες και

γρηγορότερες ταχύτητες. Στις εξαιρετικά αργές ταχύτητες, η αναλογία βάδισης έτεινε να αποκλίνει από τη σταθερότητα, παρουσιάζοντας μεγάλη μεταβλητότητα (Sekiya & Nagasaki, 1998).

Το θέμα της ταχύτητας, βέβαια, θα συζητηθεί λίγο παρακάτω. Το ζήτημα είναι πως σε πολλές σχετικές μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι τα νεότερα άτομα επιδεικνύουν λιγότερο στερεότυπα κινηματικά πρότυπα κατά την επανάληψη των κινήσεων (Kuhtz-Buschbeck, Boczek-Funcke, Heinrichs, Illert & Stolze, 1996). Σε άλλη μια έρευνα που έγινε σε παιδιά, οι χρονικές παράμετροι ήταν λιγότερο σταθερές. Γενικά η μεταβλητότητα των παραμέτρων μεταξύ των δοκιμασιών ήταν υψηλότερη στα παιδιά απ' ό τι στους ενηλίκους, ίσως επειδή αυτά αποσπώνται ευκολότερα κατά τη διάρκεια μιας δοκιμασίας. Κρίθηκε, λοιπόν, η αξιοπιστία επανελέγχου για τη μέτρηση των χωρικών παραμέτρων βηματισμού υψηλή για τους ενήλικες μεν, ενώ για την ανάλυση της βάδισης στα παιδιά κρίθηκε σκόπιμο να λαμβάνεται υπόψη ότι οι παράμετροι βηματισμού είναι περισσότερο μεταβαλλόμενες από δοκιμή σε δοκιμή απ' ό τι στους ενηλίκους (Stolze, Kuhtz-Buschbeck, Mondwurf, Johnk & Friege, 1998).

Ωστόσο, στα παιδιά η αξιοπιστία επανελέγχου των μεταβλητών βηματισμού δεν έχει εξεταστεί ακόμα συστηματικά, αν και σε αντίθεση με τους ενηλίκους ο βηματισμός των παιδιών φαίνεται να χαρακτηρίζεται από μια υψηλότερη εσωτερική μεταβλητότητα. Θεωρείται, πως η υψηλότερη μεταβλητότητα από βήμα σε βήμα και η σχετικά ευρύτερη δυναμική βάση των παιδιών πιθανόν να είναι απόρροια της αυξανόμενης ανάγκης για σταθερότητα, που οφείλεται ενδεχομένως σε ανωριμότητα της φυσιολογικής στάσης (Shumway-Cook & Woollacott, 1985). Ακόμη, αναφέρεται πως η μεταβλητότητα των χώρο-χρονικών παραμέτρων στα παιδιά επηρεάζεται και από την ηλικία (μετρήσεις σε δείγμα 4 και 8 ετών) και από την ταχύτητα (μεταξύ 2,7 και 3,6 km/h.) (Dior et al, 2004).

Στην παρούσα έρευνα, όμως, οι συντελεστές μεταβλητότητας όλων των παραμέτρων που μετρήθηκαν υπολογίστηκαν αρκετά κάτω από το 10%, που θεωρείται ως το ανώτερο όριο του συντελεστή μιας παραμέτρου. Σε συμφωνία έρχονται και οι Wall και Crosbie, οι οποίοι επίσης βρήκαν υψηλή επαναληπτικότητα στα παιδιά για όλες τις παραμέτρους εκτός από τη διάρκεια φάσης στήριξης και τη διπλή φάση στήριξης. Όπως υποστηρίζουν και οι ερευνητές αυτό το εύρημα μπορεί να οφείλεται στην πολύ σύντομη διάρκεια (περίπου 0,1 s) της διπλής φάσης στήριξης, που την κάνει πολύ ευαίσθητη στα λάθη των

μετρήσεων. Επιπλέον, παρατήρησαν, πως η μικρότερη διάρκεια φάσης στήριξης των παιδιών προέκυψε πιθανώς και από μια μικρή αύξηση της ταχύτητας βηματισμού στη δεύτερη δοκιμή, κάτι που μπορεί να σχετίζεται με την εξοικείωση με το πρωτόκολλο της διαδικασίας (Wall & Crosbie, 1996).

Σε γενικές γραμμές, τα αποτελέσματα δείχνουν πως όταν οι εξεταζόμενοι βαδίζουν με την φυσιολογική τους ταχύτητα, οι μεταβλητές βάδισης έχουν καλή επαναληπτικότητα. Στις ακραίες ταχύτητες, οι εξεταζόμενοι μπορεί συχνά να χρησιμοποιούν στρατηγικές βάδισης που είναι διαφορετικές και συνεχώς μεταβαλλόμενες προκειμένου να επιτύχουν τη μέγιστη ή ελάχιστη ταχύτητα. Η μεγάλη επαναληπτικότητα των παραμέτρων που ερευνήθηκαν ίσως να έχει άμεση σχέση με το γεγονός ότι οι εξεταζόμενοι μετρήθηκαν ενώ περπατούσαν με φυσική ταχύτητα (ταχύτητα της επιλογής τους) και σε συνθήκες οικείου περιβάλλοντος (περιβάλλον σχολείου).

Η ταχύτητα του βαδίσματος φαίνεται να έχει μια σημαντική επίδραση στις παραμέτρους βηματισμού συμπεριλαμβανομένων των χρονικών, χωρικών, κινηματικών και κινητικών στοιχείων. Υπάρχουν διαδικασίες σε ισχύ που προσπαθούν να εξασφαλίσουν ότι η ταχύτητα του βηματισμού κατά τη διάρκεια της ανάλυσης βηματισμού είναι η φυσική ταχύτητα περπατήματος του παιδιού. Είναι εντούτοις άγνωστο εάν η ταχύτητα βηματισμού που μετριέται σε ένα εργαστήριο είναι αντιπροσωπευτική της κανονικής ταχύτητας βαδίσματος ενός παιδιού. Υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν πως η ταχύτητα μπορεί να επηρεαστεί από ένα περιβάλλον εργαστηρίου. Πιστεύεται πως το εργαστήριο βάδισης είναι μια τεχνητή κατάσταση για το παιδί που υποβάλλεται σε έρευνα. (Gormley et al, 1999). Ακόμη, έχει βρεθεί πως το βάδισμα σε μέγιστη ταχύτητα έχει μικρότερη δυνατότητα αναπαραγωγής, διότι μπορεί να είναι περισσότερο επιρρεπές σε διαφοροποιήσεις, για αυτό και είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται δοκιμασίες με ταχύτητες προτίμησης των εξεταζόμενων γιατί αντιπροσωπεύουν καλύτερα την καθημερινότητα (Pinna et al, 2000).

Πέρα, όμως από την ταχύτητα και τις συνθήκες μέτρησης που χρησιμοποιεί η κάθε έρευνα για να μελετήσει την επαναληπτικότητα των παραμέτρων της βάδισης, υπάρχει και διαφοροποίηση στον αριθμό των δοκιμασιών που επιτελεί ο κάθε εξεταζόμενος. Από τους συντελεστές εσωτερικής συσχέτισης για μία προσπάθεια βάδισης και μεταξύ διαφορετικών δοκιμασιών βάδισης για την καταγραφή των παραμέτρων φαίνεται πως θα πρέπει να εκτελούνται περισσότερες από μία

δοκιμασίες βάδισης και να υπολογίζεται ο μέσος όρος της κάθε παραμέτρου. Φυσικά έχει αναφερθεί και στο παρελθόν πως για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των δεδομένων, συνήθως εκτελούνται περισσότερες από μια προσπάθειες, ενώ ο αριθμός των προσπαθειών που απαιτούνται να εκτελεστούν εξαρτάται από την επαναληπτικότητα της αξιολογούμενης παραμέτρου του βαδίσματος (Kadaba et al, 1989).

Ο Stolze και οι συνεργάτες του έκριναν πως η ανάλυση της βάδισης στα παιδιά παρουσιάζει περισσότερες διαφορές στις παραμέτρους βηματισμού από δοκιμή σε δοκιμή απ' ό,τι στους ενήλικους, όμως, οι εξεταζόμενοι εκτελούσαν τέσσερις φορές κάθε δοκιμή και επαναλάμβαναν τη μέτρηση και μια άλλη μέρα (Stolze et al, 1998), ενώ τα αποτελέσματα μελέτης των Dusing και Thorpe παρέχουν στοιχεία για την αύξηση του αριθμού δοκιμών κατά την αξιολόγηση πολύ μικρών παιδιών λόγω της έμφυτης μεταβλητότητάς τους (Dusing & Thorpe, 2006).

Η αλήθεια είναι πως σε ηλικίες 6 έως 12 δεν υπάρχουν πολλές μελέτες που να πραγματεύονται τον απαιτούμενο αριθμό δοκιμασιών. Σύμφωνα, πάντως με την παρούσα μελέτη, φαίνεται πως οι δέκα δοκιμές παρουσιάζουν μεγάλη επαναληπτικότητα, επιτρέποντας κατά τα φαινόμενα τη συλλογή αξιόπιστων δεδομένων κατά την ανάλυση του βαδίσματος.

Σίγουρα, κάθε έρευνα έχει τους περιορισμούς της. Έτσι, η συλλογή των δεδομένων μέσα σε μία μόνο ημέρα, παρά τη μεγάλη επαναληπτικότητα των αποτελεσμάτων, θα μπορούσε να έχει κάποια επίδραση στα αποτελέσματα. Παρομοίως, επίδραση θα μπορούσε να έχει και η επεξεργασία των δεδομένων της βιντεοσκόπησης από έναν μόνο ερευνητή, μιας και κατά την βιντεοανάλυση των χρονικών παραμέτρων είναι μερικές φορές δύσκολο να καθοριστούν τα καρέ επαφής της πτέρνας και της απογείωσης των δακτύλων σαφώς. Υπάρχει μελέτη στην οποία αποδεικνύεται περισσότερη ακρίβεια της βιντεοσκόπησης όταν το οπτικό πεδίο περιορίστηκε σε έναν διασκελισμό (Wall & Crosbie, 1996) και στην παρούσα έρευνα το οπτικό πεδίο της βιντεοσκόπησης περιλάμβανε σίγουρα περισσότερους από έναν διασκελισμό παρόλο που ο καθορισμός του χρόνου των γεγονότων της βάδισης αφορούσε έναν μόνο διασκελισμό.

Διαφαίνεται, φυσικά, πως οι έρευνες που είναι σχετικές με τη βάδιση έχουν αρκετούς περιορισμούς, πιθανόν λόγω των πολλών παραγόντων που επιδρούν σε αυτήν. Σίγουρα, απαιτείται βελτίωση στην ποιότητα των στοιχείων που συλλέγονται στα εργαστήρια βάδισης αλλά και έξω από αυτά. Παραδείγματος

χάριν, κατά την κινητική και κινηματική διερεύνηση της βάδισης, εάν υπάρχει υπερβολική μετακίνηση μαλακού ιστού κάτω από τους αντανакλαστικούς δείκτες, οι πληροφορίες για τις γωνίες μπορεί να έχουν υπερβολική μεταβλητότητα, κάτι που δεν είναι μέρος του σχεδίου μετακίνησης. Ακόμη και ο καθορισμός χρήσης ή μη χρήσης παπουτσιών είναι κάτι που πρέπει να ξεκαθαριστεί, μιας και φαίνεται να υπάρχει μια αύξηση στο μήκος διασκελισμού με τα παπούτσια (Oeffinger et al, 1999). Αυτά τα ενδεικτικά λάθη της μέτρησης, καθώς και πολλά άλλα, ενισχύονται όταν μαθηματικές παραγωγές γίνονται για να υπολογίσουν την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Οι περιορισμοί φαίνεται να είναι αρκετοί, για αυτό και πρέπει να καταβληθούν περαιτέρω προσπάθειες για τον καθορισμό των μεθόδων μέτρησης προκειμένου να υπάρχει αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των κλινικών ομάδων.

Άλλωστε, η πιο κοινή χρήση της ενόργανης ανάλυσης της βάδισης είναι η σύγκριση των στοιχείων του βαδίσματος πληθυσμών με ειδικές ανάγκες με υγιείς πληθυσμούς. Έχει, για παράδειγμα βρεθεί χαμηλότερη επαναληπτικότητα των στοιχείων της βάδισης σε παιδιά με σπαστικότητα έναντι των υγιών παιδιών. Η περιορισμένη κινητικότητα των αρθρώσεων λόγω της υπέρτονίας στα άτομα με εγκεφαλική παράλυση μπορεί να είναι αρμόδια για τη χαμηλότερη επαναληπτικότητα των δεδομένων (Steinwender et al, 2000). Ωστόσο, έχει αναφερθεί και το ότι αν και φαίνεται ότι τα παιδιά με εγκεφαλική παράλυση είναι πιο μεταβλητά από τα αρτιμελή παιδιά, φαίνεται ότι η αξιοπιστία των «κινητικών» παραμέτρων κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής αλλά και κατά τη διάρκεια δοκιμών δύο ημερών και για τις δύο ομάδες είναι πολύ παρόμοια (Quigley et al, 1997).

Οι περιορισμοί, όμως, τέτοιων συγκρίσεων περιλαμβάνουν τα ζητήματα της ηλικίας, του φύλου, της ταχύτητας περπατήματος, και των ανθρωπομετρικών διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων. Παραδείγματος χάριν, οι συγκρίσεις των στοιχείων από άτομα που περπατούν σε διαφορετικές ταχύτητες από το πρότυπο έχουν περιορισμένη ισχύ. Η ταχύτητα περπατήματος συχνά μειώνεται δραστικά σε παθολογικές περιπτώσεις, και οι βάσεις δεδομένων συχνότερα συλλέγονται σε γρήγορες ή σε ταχύτητες επιλογής των εξεταζόμενων. Η επίδραση της ταχύτητας μπορεί να εξηγήσει μια μεγάλη μερίδα των διαφορών. Επομένως, χρειάζεται προσοχή κατά τη σύγκριση δεδομένων βάδισης ατόμων με διαταραχές με βάσεις δεδομένων φυσιολογικών ατόμων.

Συνεπώς, αν και τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συνηγορούν στην καταλληλότητα της αξιολόγησης της ταχύτητας, της συχνότητας και των χρονικών παραμέτρων της βάδισης κατά την ανάλυση βάδισης σε παιδιά σχολικής ηλικίας στην Ελλάδα, περαιτέρω έρευνα φαίνεται να είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση και των άλλων παραμέτρων της βάδισης και πάντα κάτω από το πρίσμα των παραγόντων που την επηρεάζουν.



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά :

Οι διαδικασίες ωρίμανσης και οι αναπτυξιακές διαφορές των παιδιών που παρουσιάζονται στην περίοδο μεταξύ 6 και 12 ετών φαίνεται να επηρεάζουν το χρόνο διασκελισμού και τη συχνότητα βάδισης, ενώ το φύλο δεν φαίνεται να έχει καμία σημαντική επίδραση.

Στην ηλικία των 6 έως 12 ετών παρουσιάζεται να υπάρχει υψηλή επαναληπτικότητα των παραμέτρων της βάδισης κατά την εκτέλεση δέκα δοκιμασιών που φαίνεται να αποτελούν ικανό αριθμό επαναλήψεων για τη διεξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας συνηγορούν στην καταλληλότητα της αξιολόγησης της ταχύτητας, της συχνότητας και των χρονικών παραμέτρων της βάδισης κατά την ανάλυση βάδισης σε παιδιά σχολικής ηλικίας στην Ελλάδα.

VII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα 1



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝ. ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚ/ΤΩΝ
ΕΝΙΑΙΟΣ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΩΝ**

**Δ/ΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ Π.Ε.
ΤΜΗΜΑ Α'
ΕΡΓΟΥ 18
10185 ΑΘΗΝΑ**

**Πληροφορίες: Ρ. Γεωργακόπουλος
Τηλέφωνο : 210 3238523
FAX : 210 3238530
LEN**

**Να διατηρηθεί μέχρι
Βαθμός ασφαλείας**

Αθήνα, 22-11-2005

**Αριθ.Πρωτ. Βαθμός Προτερ.
Φ15/874 / 123576 / Γ1**

**Προς: ~~Σ~~αρρημανώλη Αναστασία
Σοφοκλέους 8β
190 10 Λαγονήσι Καλυβκών**

**Κοιν: 1. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο
Μεσογείων 396
163 41 Αγ. Παρασκευή
2. Αρμόδιο Σχολικό Σύμβουλο
(Μέσω της Δ/σης Π.Ε. Ροδόπης
Δ' Αθήνας και Ανατολικής Αττικής)
3. Δ/ντής Εκπ/σης Π.Ε. Ροδόπης
Δ' Αθήνας και Ανατολικής
Αττικής**

ΘΕΜΑ: Έγκριση έρευνας

Απαντώντας σε σχετικό αίτημά σας και έχοντας υπόψη την αριθμ. 8/05 πράξη του Τμήματος Ε.Τ.Ε.Τ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, σας κάνουμε γνωστά ότι εγκρίνουμε τη διεξαγωγή της έρευνάς σας με θέμα: **"Επαναληπτικότητα της ταχύτητας και της συχνότητας βάσης σε παιδιά της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης"**, η οποία θα πραγματοποιηθεί στα σχολεία του συνημμένου πίνακα με τις ακόλουθες επισημάνσεις:

1. Η έρευνα χορηγείται για μια τριετία.
2. Πριν από τις επισκέψεις σας στα σχολεία να υπάρχει συνεννόηση με τους Διευθυντές τους και συνεργασία με το διδακτικό προσωπικό, ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία των σχολικών μονάδων.
3. Τα αποτελέσματα της έρευνάς σας να κοινοποιηθούν στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και στη Δ/ση Σπουδών Π.Ε..

4. Για τη διεξαγωγή της έρευνάς σας θα πρέπει να προηγηθεί ενημέρωση των γονέων και των εκπαιδευτικών, ώστε να υπάρχει γραπτή συγκατάθεση των γονέων για τη διεξαγωγή της έρευνας σας στους μαθητές (αφού πρόκειται να γίνει βιντεοσκόπηση), έχοντας υπόψη ότι για όλες τις περιπτώσεις η συμμετοχή στην έρευνα δεν είναι υποχρεωτική.

Οι Διευθυντές Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στους οποίους κοινοποιείται το έγγραφο αυτό, παρακαλούνται να ενημερώσουν σχετικά τα σχολεία στα οποία θα πραγματοποιηθεί η έρευνα.

Συν.: 3 φύλλα

Εσωτ. Διανομή
Δ/ση Σπουδών Π.Ε.
Τμήμα Α'

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΓΟΥΠΙΟΣ



Πιστό Αντίγραφο
από το Γραφείο Τμήματος
Εκπαιδευτικής & Πρωτοκόλλου

ΣΧΟΛΕΙΑ ΠΟΥ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΔΗΜΟΤΙΚΑ

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
1.	9420001	1 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
2.	9420004	2 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
3.	9420070	3 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
4.	9420072	4 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
5.	9420005	5 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
6.	9420074	6 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
7.	9420007	7 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
8.	9420277	8 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
9.	9420273	9 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
10.	9420278	10 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
11.	9420279	11 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
12.	9420285	12 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
13.	9420287	13 ^ο ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
14.	9420112	ΑΡΣΑΚΕΙΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
15.	9420024	ΠΑΛΛΑΔΙΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
16.	9420025	ΑΣΩΜΑΤΩΝ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
17.	9420080	ΑΓ. ΘΕΟΔΩΡΩΝ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
18.	9420082	ΚΑΛΛΙΘΕΑΣ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
19.	9420013	ΠΑΡΑΔΗΜΗΣ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ
20.	9420014	ΥΦΑΝΤΩΝ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
21.	9050201	1 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
22.	9050202	2 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
23.	9050203	3 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
24.	9050182	4 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
25.	9050181	5 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
26.	9050138	6 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
27.	9050137	7 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
28.	9051160	8 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
29.	9051161	9 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
30.	9051162	10 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
31.	9051343	11 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
32.	9520406	12 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
33.	9520455	13 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
34.	9520485	14 ^ο ΠΑΛΑΙΟΥ ΦΑΛΗΡΟΥ
35.	9050197	1 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ
36.	9050198	2 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ
37.	9050204	4 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ
38.	9050206	5 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ
39.	9050207	6 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ
40.	9050208	7 ^ο ΓΛΥΦΑΔΑΣ

A/A	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
41.	9050938	ΣΑΡΩΝΙΔΟΣ
42.	9050195	ΒΟΥΛΙΑΓΜΕΝΗΣ
43.	9050568	ΑΝΑΒΥΣΣΟΥ
44.	9050569	ΒΑΡΚΙΖΑΣ
45.	9050571	ΒΑΡΗΣ
46.	9050574	1 ^ο ΚΑΛΥΒΙΩΝ
47.	9051858	2 ^ο ΚΑΛΥΒΙΩΝ
48.	9051891	3 ^ο ΚΑΛΥΒΙΩΝ
49.	9050601	ΠΑΛΑΙΑΣ ΦΩΚΑΙΑΣ
50.	9050586	ΠΟΡΤΟ ΡΑΦΤΗ

Παράρτημα 2

ΚΑΡΤΑ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΜΑΤΟΣ 16

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ		Ελένη Λασκαρίδου			ΚΩΔΙΚΟΣ	63
ΣΧΟΛΕΙΟ	Δημοτικό Σχολείο Αναβύσσου				ΤΑΞΗ	A
ΕΤΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ		1999	ΒΑΡΟΣ (kg)	27	ΥΨΟΣ (m)	1.23
ΜΗΚΟΣ ΑΚΡΟΥ (cm)		ΔΕΞΙΟΥ	60	ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ	61	
ΜΗΚΟΣ ΒΑΔΙΣΗΣ (m)		13	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΩΝ (m)			5
A/A	ΧΡΟΝΟΣ (sec) (με 3 δεκαδικά)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ				
1	4,237					
2	4,233					
3	4,243					
4	4,894					
5	4,759					
6	4,683					
7	4,403					
8	4,539					
9	4,831					
10	4,651					

Παράρτημα 3

ΚΑΡΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΒΑΔΙΣΜΑΤΟΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ		Διαμαντής Διαμαντής						ΚΩΔΙΚΟΣ		1	
ΣΧΟΛΕΙΟ		3 ^ο Δημοτικό Σχολείο Καλυβίων						ΤΑΞΗ		ΣΤ	
ΕΤΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ		1994		ΒΑΡΟΣ (kgr)		35		ΥΨΟΣ (m)		1.42	
ΜΗΚΟΣ ΑΚΡΟΥ (cm)		ΔΕΞΙΟΥ		76		ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ		76			
ΜΗΚΟΣ ΒΑΔΙΣΗΣ (m)		13		ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΩΝ (m)						5	
A/A	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΓΕΓΟΝΟΤΑ ΒΑΔΙΣΗΣ (ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΡΕ)									
1	3.822		A2	14		A5	27	A6	37	A7	59
		Δ1		Δ3	16	Δ4	24				
2	4.136		A2	14		A5	27	A6	42	A7	63
		Δ1		Δ3	16	Δ4	25				
3	4.096		A2	13		A5	25	A6	36	A7	57
		Δ1		Δ3	15	Δ4	23				
4	4.488		A2	14		A5	29	A6	39	A7	59
		Δ1		Δ3	17	Δ4	26				
5	4.233		A2	13		A5	28	A6	41	A7	61
		Δ1		Δ3	16	Δ4	25				
6	4.247		A2	13		A5	28	A6	40	A7	64
		Δ1		Δ3	16	Δ4	25				
7	4.251		A2	14		A5	28	A6	39	A7	63
		Δ1		Δ3	16	Δ4	26				



8	4.414		A2	13		A5	28	A6	37	A7	61
		Δ1		Δ3	16	Δ4	25				

9	4.454		A2	13		A5	27	A6	36	A7	62
		Δ1		Δ3	15	Δ4	24				

10	4.335		A2	14		A5	27	A6	38	A7	60
		Δ1		Δ3	16	Δ4	25				

Επεξηγήσεις:

Δ1: Πότε πάτησε η δεξιά φτέρνα

A2: Πότε πάτησε η αριστερή φτέρνα

Δ3: Πότε απογειώθηκε η δεξιά φτέρνα

Δ4: Πότε ξαναπάτησε η δεξιά φτέρνα

A5: Πότε απογειώθηκε η αριστερή φτέρνα

A6: Πότε ξαναπάτησε η αριστερή φτέρνα

A7: Πότε πάτησε η αριστερή φτέρνα στο τέλος του 5^{ου} βήματος

Παράρτημα 4

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ 51

Χρόνος στήριξης δεξιού:
Δ3-Δ1

1	2	3	4	5			8	9	10
18	16	15	16	16	16	18	16	16	16
0,72	0,64	0,6	0,64	0,64	0,64	0,72	0,64	0,64	0,64

Χρόνος αιώρησης δεξιού:
Δ4-Δ3

25	23	22	23	23	22	25	23	23	23
18	16	15	16	16	16	18	16	16	16
7	7	7	7	7	6	7	7	7	7
0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,24	0,28	0,28	0,28	0,28

Χρόνος διασκ/μού δεξιού:
Δ4-Δ1

25	23	22	23	23	22	25	23	23	23
1	0,92	0,88	0,92	0,92	0,88	1	0,92	0,92	0,92

Χρόνος στήριξης αριστερού:
Α5-Α2

30	27	27	28	27	26	30	27	27	27
13	12	12	12	13	12	14	12	12	12
17	15	15	16	14	14	16	15	15	15
0,68	0,6	0,6	0,64	0,56	0,56	0,64	0,6	0,6	0,6

Χρόνος αιώρησης
αριστερού: Α6-Α5

37	34	34	35	34	34	37	33	34	34
30	27	27	28	27	26	30	27	27	27
7	7	7	7	7	8	7	6	7	7
0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,32	0,28	0,24	0,28	0,28

Χρόνος διασκ/σμού
αριστερού: Α6-Α2

37	34	34	35	34	34	37	33	34	34
13	12	12	12	13	12	14	12	12	12
24	22	22	23	21	22	23	21	22	22
0,96	0,88	0,88	0,92	0,84	0,88	0,92	0,84	0,88	0,88

Χρόνος 5 βημάτων: Α7-Δ1

59	57	57	57	56	56	61	56	57	55
2,36	2,28	2,28	2,28	2,24	2,24	2,44	2,24	2,28	2,2

VIII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexander, R.M.(1991). How dinosaurs ran. *Sci Am*, 264(4),62-68.
- Beck, R.J., Andriacchi, T.P., Kuo, K.N, Fermier, R.W. & Galante, J.O. (1981). Changes in the gait patterns of growing children. *Journal of Bone & Joint Surgery (Am)*, 63(9), 1452-1457.
- Bilney, B., Morris, M. & Webster, K. (2003). Concurrent related validity of the GAIT-Rite walkway system for quantification of the spatial and temporal parameters of gait. *Gait and Posture*, 17, 68- 74.
- Boonstra, A.M., Fidler, V. & Eisma, W.H. (1993). Walking speed of normal subjects and amputees: aspects of validity of gait analysis. *Prosthet Orthot Int*, 17, 78–82.
- Bril, B. & Breniere, Y. (1989). Steady-state velocity and temporal structure of gait during the first six months of autonomous walking. *Human Movement Science*, 8-2, 99-122.
- Chester,V.L., Tingley, M. & Biden, E.N. (2006). A comparison of kinetic gait parameters for 3–13 year olds. *Clinical Biomechanics*, 21, 726–732.
- Cupp, T., Oeffinger, D., Tylkowski, C. & Augsburger, S. (1999). Age-related kinetic changes in normal pediatrics. *Journal of Pediatric Orthop*, 19, 475–478.
- Dierick, F., Lefebvre, C., van den Hecke, A. & Detrembleur, C. (2004). Development of displacement of centre of mass during independent walking in children. *Dev Med Child Neurol*, 46, 533-539.
- Diop, M., Rahmani, A., Calmels, P., Gautheron, V., Belli, A., Geyssant, A. & Cottalorda, J. (2004). Influence of speed variation and age on the intrasubject variability of ground reaction forces and spatiotemporal parameters of children's normal gait. *Ann Readapt Med Phys*, 47(2), 72-80.
- Dusing, S.C. & Thorpe, D.E. (2006). A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAIT-Rite1 electronic walkway. *Gait & Posture*, Article in Press.
- Eastlack, M.E., Arvidson, J., Snyder-Mackler, L., Danoff, J.V. & McGarvey, C.L. (1991). Interrater reliability of videotaped observationalgait-analysis assessments. *Physical Therapy*, 71, 465-472.
- Finley, R.R, Cody, K.A & Finizie, R.V. (1969). Locomotion patterns in elderly women. *Arch Phys Med*, 50, 140-141.
- Forssberg, H. (1985). Ontogeny of human locomotor control. *Experimental Brain Research*, 57, 480-493.

- Ganley, K.J. & Powers, C.M. (2005). Gait kinematics and kinetics of 7-year-old children: a comparison to adults using age-specific anthropometric data. *Gait and Posture*, 21, 141–145.
- Gaudet, G., Goodman, R., Landry, M., Russell, G. & Wall, J.C. (1990) Measurement of step length and step width: a comparison of videotape and direct measurements. *Physiotherapy Canada*, 42, 12-15.
- Greer, N.L., Hamill, J. & Campbell, K.R. (1989). Dynamics of children's gait. *Human Movement Science*, 8(5), 465–480.
- Growney, E., Meglan, D., Johnson, M., Cahalan, T. & An, K. (1997). Technical Note: Repeated measures of adult normal walking using a video tracking system. *Gait and Posture*, 6, 147-162.
- Hausdorff, J.M., Zeman, L., Peng, C.K. & Goldberger, A.L. (1999). Maturation of gait dynamics: stride-to-stride variability and its temporal organization in children. *Journal of Applied Physiology*, 86(3), 1040–1047.
- Hof, A.L. (1996). Scaling gait data to body size. *Gait Posture*, 4, 222-223.
- Hof, A.I. & Zijlstra, W. (1997). Comment on 'normalization of temporal-distance parameters in pediatric gait. *Journal of Biomechanics*, 30(3), 299-300.
- Holden, M., Gill, K., Magliozzi, M., Nathan, J. & Peil-Baker, L. (1984). Clinical gait assessment in the neurologically impaired: reliability and meaningfulness. *Physical Therapy*, 64, 35–40.
- Imms, F.J. & Edholm, O.G. (1981). Studies of gait and mobility in the elderly. *Aging*, 10, 147-148.
- Inman, V., Ralston, H.J. & Todd, F. (1981). *Human Walking*. Baltimore MO: Williams and Wilkins.
- Janura, M., Vychodil, R., Elfmark, M., Vaverka, F., & Salinger, J. (1997). The basic sources of errors and limiting factors that are applied in the process of cinematography (videography). *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica*, 27, 43–50.
- Kadaba, M.P., Ramakrishnan, H.K., Wootten, M.E., Gainey, J., Gorton, G. & Cochran, G.V. (1989). Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research*, 7(6), 849-860.
- Kuhtz-Buschbeck, J.P., Boczek-Funcke, A., Heinrichs, H., Illert, M. & Stolze, H. (1996). Kinematic analysis of prehension in children. *European Journal of Neuroscience*, 9 (Suppl), 131-132.
- Kurosawa, K. (1994). Effects of various walking speeds on probe reaction time during treadmill walking. *Perceptual of Motor Skills*, 78, 768–770.

- Kyriazis, V. (2002). Temporal gait analysis of children aged 9-10 years. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 3(1), 31-34.
- McGraw, M.B. (1940). Neuromuscular development of the human infant as exemplified in the achievement of erect locomotion. *Journal of Pediatrics*, 17, 747-771.
- Maruyama, H. & Nagasaki, H. (1992). Temporal variability in the phase durations during treadmill walking. *Human Movement Science*, 11, 1-14.
- Murray, M.P, Drought, A.B & Kory, R.C. (1964). Walking patterns of normal men. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 46(2), 335-336.
- Nagasaki, H., Ito, H., Hashizume, K., Furuna, T., Maruyama, H. & Kinugasa, T. (1996). Walking patterns and finger rhythm of older adults. *Percept Mot Skills*, 82, 435-447.
- Nene, A.V, Evans, G.A & Patrick, J.H. (1993). Simultaneous multiple operations for spastic diplegia: outcome and functional assessment of walking in 18 patients. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 75B(3), 488-494.
- Norlin, R., Odenrick, P. & Sandlund, B. (1981). Development of gait in the normal child. *Journal Pediatr Orthop*, 1, 261-266.
- Oatis, C.A. (1995). Goals of gait assessment. In R.L. Craik & C.A. Oatis (Eds) *Gait analysis: Theory and application*. St.Louis: Mosby.
- Oberg, T., Karsznia, A. & Oberg, K. (1993). Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Rehabil Res Dev*, 30(2), 210-223.
- Oeffinger, D., Brauch, B., Cranfill, S., Hisle, C., Wynn, C., Hicks, R. & Augsburger, S. (1999). Comparison of gait with and without shoes in children. *Gait and Posture*, 9, 95-100.
- O'Malley, M.J. (1996). Normalization of temporal-distance parameters in pediatric gait. *J Biomech*, 29(5), 619-625.
- Ounpuu, S., Gage, J.R. & Davis, R.B. (1991). Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. *Journal Pediatr Orthop*, 11, 341-349.
- Piazza, S.J. & Delp, S.L. (1996). The influence of muscles on knee flexion during the swing phase of gait. *Journal of Biomechanics*, 29(6), 723-733.
- Pierrynowski, M.R. & Galea, V. (2001). Enhancing the ability of gait analysis to differentiate between groups: scaling gait data to body size. *Gait Posture*, 13, 193-201.
- Quigley, E., Miller, F., Castagno, P., Richards, J. & Lennon, N. (1997). Reliability of kinetics during clinical gait analysis: A comparison between normal and children with cerebral palsy. *Gait & Posture*, 5, 76-89.

- Saleh, M. & Murdoch, G. (1985). In defence of gait analysis. Observation and measurement in gait assessment. *Journal of Bone & Joint Surgery (Br)*, 67, 237-241.
- Samson, M.M., Crowe, A., de Vreede, P.L., Dessens, J.A., Duursma, S.A. & Verhaar, H.J. (2001). Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight. *Aging (Milano)*, 13(1), 16-21.
- Scherl, S.A. (2004). Common lower limb extremity problems in children. *Pediatr Rev*, 25(2), 52-60.
- Schutte, L.M., Narayanan, U., Stout J.L., Selber, P., Gage, J.R. & Schwartz, M.H. (2000). An index for quantifying deviations from normal gait, *Gait and Posture*, 11, 25-31.
- Schuyler, J., Miller, F., Herzog, R., Castagno, P., Lennon, N. & Richards, J. (2006). *PREDICTING CHANGES IN KINEMATICS OF GAIT RELATING TO AGE AND VELOCITY*. <http://www.motionanalysis.com/pdf/Abstract224.pdf>.
- Scrutton, D.R.(1969). Footprint sequences of normal children under five years old. *Dev Med Child Neurol*, 11, 44-53.
- Shimada, S., Kobayashi, S., Wada M., Sasaki, S., Kawahara, H., Uchida, K., Yayama, T. & Baba, H. (2006). Effect of compensation procedures for velocity on repeatability and variability of gait parameters in normal subjects. *Clinical Rehabilitation*, 20, 239 -245.
- Sekiya, N. & Nagasaki, H. (1998). Reproducibility of the walking patterns of normal young adults: test-retest reliability of the walk ratio(step-length: step-rate). *Gait and Posture*, 7, 225-227.
- Sekiya, N., Nagasaki, H., Ito, H. & Furuna, T. (1996). The invariant relationship between step length and step rate during free walking. *Journal of Human Movement Studies*, 30, 241-257.
- Sekiya, N., Nagasaki, H., Ito, H. & Furuna, T. (1997). Optimal walking in terms of variability in step-length. *J Orthop Sports Phys Ther*, 26, 266-272.
- Selby-Silverstein, L. & Besser, M. (1999). Accuracy of the GAITRite system for measuring temporal-spatial parameters of gait. *Physical Therapy*, 79, S59.
- Sheridan, M.D.S. (1960). *The Developmental Progress of Infants and Young Children*. London: H.M. Stationery Office.
- Stansfield, B.W., Hazlewood, M.E., Hillman, S.J., Lawson, A.M., London, I.R., Mann, A.M. & Robb J.E. (1999). The development of the kinematics of gait in 7 to 12 year old normal children at self selected walking speeds: Characterisation by normalised speed. *Gait and Posture*, 10-1, 88-89.

- Stansfield, B.W., Hillman, S.J., Hazlewood, M.E., Lawson, A.M. & Mann, A.M. (2003). Normalisation of gait data in children. *Gait and Posture*, 17, 81-87.
- Stansfield, B.W., Hillman, S.J., Hazlewood, M.E. & Robb, J.E. (2006). Regression analysis of gait parameters with speed in normal children walking at self-selected speeds. *Gait & Posture*, 23, 288-294.
- Statham, L. & Murray, M.P., (1971). Early walking patterns of normal children. *Clinical Orthopaedics*, 79, 8-24.
- Steinwender, G., Saraph, V., Scheiber, S., Zwick, E., B., Uitz, C., Hackl, K. (2000). Intrasubject repeatability of gait analysis data in normal and spastic children. *Clinical Biomechanics*, 15, 134-139.
- Stolze, H., Kuhtz-Buschbeck, J., P., Mondwurf, C., Johnk, K. & Friege, L. (1998). Retest reliability of spatiotemporal gait parameters in children and adults. *Gait and Posture*, 7, 125-130.
- Sutherland, D. (1997). The development of mature gait. *Gait and Posture*, 6, 163-170.
- Sutherland, D.H., Olshen, R.A., Biden, E.N. & Wyatt, M.P. (1988). *The Development of Mature Walking*. London: MacKeilh Press.
- Sutherland, D.H., Olshen, R., Cooper, L. & Woo, S.L.Y. (1980). The development of mature gait. *J Bone Joint Surg*, 62 A, 336-353.
- Tennant, S. & Monsell, F. (2004). Walking problems in young children. *Hospital Med*, 65(1), 34-38.
- Thelen, E. & Cooke, D., W. (1987). Relationship between newborn stepping and later walking: a new interpretation. *Dev Med Child Neurol*, 29(3), 380-393.
- Todd, F.N., Lamoreux, L.W., Skinner, S.R., Johanson, M.E., St. Helen, R., Moran, S.A & Ashley, R.K. (1989). Variations in the gait of normal children. *J Bone Joint Surg (Am)*, 71A(2), 196-204.
- Vaughan, C.L. (2003). Theories of bipedal gait: an odyssey. *Journal of Biomechanics*, 36, 513-523.
- Vaughan, C.L., Damiano, D.L. & Abel, M.F. (1997). Gait of normal children and those with cerebral palsy. In: Allard P, Cappozzo A, Lundberg A, Vaughan CL, editors. *Three-dimensional analysis of human locomotion*. Chichester: John Wiley and Sons, p. 335-361.
- Wall, J.C. & Crosbie, J. (1996). Accuracy and reliability of temporal gait measurement. *Gait Posture*, 4, 293-296.
- Wheelwright, E.F., Minns, R.A., Law, H.T. & Elton, R.A. (1993). Temporal and spatial parameters of gait in children. *Dev Med Child Neurol*, 5(2), 102-113.

- Winter, D.A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51–76.
- Youndas, J.W. & Atwood, K. (2000). Measurement of temporal aspects of gait obtained with a multimemory stopwatch. *Journal of Orthopaedic Sports & Physical Therapy*, 30, 279-286.
- Zarrugh, M.Y., Todd, F.N. & Ralston, H.J. (1974). Optimization of energy expenditure during level walking. *European Journal of Applied Physiology*, 33, 293–306.
- Zijlstra, W., Rutgers, A.W.F., Hof, A.L. & Van Weerden, T.W. (1995). Voluntary and involuntary adaptation of walking to temporal and spatial constraints. *Gait & Posture*, 3, 13–18.